



TUGAS AKHIR - DP141530

**DESAIN *UPPER LIMB EXOSKELETON* UNTUK
MENUNJANG REHABILITASI PASIEN *POST STROKE*
DENGAN MENGGUNAKAN KONSEP *COMPACT* DAN
*EASY TO USE***

**VEBRI WIRANTA
3414100100**

Dosen Pembimbing
Djoko Kuswanto, ST., M.Biotech

Departemen Desain Produk
Fakultas Arsitektur, Desain dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2018



TUGAS AKHIR – RD141530

**DESAIN *UPPER LIMB* EKSOSKELETON UNTUK
MENUNJANG REHABILITASI PASIEN *POST STROKE*
DENGAN MENGGUNAKAN KONSEP *COMPACT* DAN *EASY
TO USE***

Mahasiswa:

Vebri Wiranta

3414100100

Dosen Pembimbing:

Djoko Kuswanto, ST., M. Biotech

NIP. 19700912 199702 1002

DEPARTEMEN DESAIN PRODUK

FAKULTAS ARSITEKTUR DESAIN DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – RD141530

**UPPER LIMB EXOSKELETON DESIGN TO SUPPORT POST
STROKE PATIENT REHABILITATION WITH COMPACT
AND EASY TO USE CONCEPTS**

Student:

Vebri Wiranta

3414100100

Supervisor:

Djoko Kuswanto, ST., M. Biotech

NIP. 19700912 199702 1002

DEPARTMENT OF PRODUCT DESIGN

ARCHITECTURE DESIGN AND PLANNING FACULTY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN UPPER LIMB EKSOSKELETON UNTUK MENUNJANG
REHABILITASI PASIEN *POST STROKE* DENGAN MENGGUNAKAN
KONSEP *COMPACT* DAN *EASY TO USE***

TUGAS AKHIR (RD 141530)

Disusun untuk Memenuhi Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Desain (S.Ds)
Pada

Program Studi S-1 Departemen Desain Produk
Fakultas Arsitektur Desain dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Vebri Wiranta
NRP: 3414100100

Surabaya, 13 Agustus 2018
Periode Wisuda 118 (September 2018)

Mengetahui,
Kepala Departemen Desain Produk



Ellya Zulaikha, S.T., M.Sn., Ph.D.
NIP. 19751014 200312 2001

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Djoko Kuswanto, S.T., M. Biotech.
NIP. 19700912 199702 1002

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya mahasiswa Departemen Desain Produk Industri, Fakultas Arsitektur Desain dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,

Nama : Vebri Wiranta

NRP : 3414100100

Dengan ini menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya buat dengan judul **DESAIN UPPER LIMB EKSOSKELETON UNTUK MENUNJANG REHABILITASI PASIEN POST STROKE DENGAN MENGGUNAKAN KONSEP COMPACT DAN EASY TO USE** adalah:

1. Orisinil dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian bagian sumber informasi yang dicantumkan sebagai kutipan/referensi dengan cara yang semestinya.
2. Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan data-data hasil pelaksanaan tugas akhir dalam proyek tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dan jika terbukti tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan di atas, maka saya bersedia Laporan Tugas Akhir Desain Produk ini dibatalkan.

Surabaya, 1 Agustus 2018

Yang membuat pernyataan,



Vebri Wiranta

NRP 3414100100

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Desain *Upper-Limb* Eksoskeleton Untuk Menunjang Rehabilitasi Pasien *Post Stroke* dengan Menggunakan Konsep *Compact* dan *Easy to Use*” dengan sebaik baiknya dan tepat pada waktunya. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir Desain Produk (RD141530) Departemen Desain Produk, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Mujito dan Ibu Anik Mukhayati serta saudara penulis Alfian Farisi yang tak pernah lelah mendoakan, mendukung, dan selalu menghibur baik secara moral dan material.
2. Pak Djoko Kuswanto ST., M, Biotech, selaku dosen pembimbing yang teramat sangat mendukung dan mempermudah dalam hal pembuatan purwa rupa maupun proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ibu Dosen yang telah membimbing dan membantu penulis dalam mendapatkan ilmu selama di Departemen ini, serta para penguji sidang, Bapak Drs. Taufik Hidayat, MT., Hertina Susandari, ST. MT., dan Bapak dr. Tri Hediarto, Sp.THT-KL yang selalu memberikan masukan demi pengembangan Tugas Akhir ini.
4. Desi Putri Islamy, Faizal Rezky Dhafin, Ibnu Arif Wicaksono, Dimas Dwi Rizkiyanto dan Resi Bhaskoro Achmadi yang merupakan sahabat, keluarga, pemberi motivasi, pemberi bantuan tenaga dan material saat dibutuhkan, *partner* selama 4 tahun yang berjuang bersama sama selama penulis kuliah di Desain Produk, tempat untuk berbagi cerita dan keluh kesah, serta menjadi garda terdepan saat penulis merasa sedih dan butuh hiburan ketika berada di kampus. *Thank you for being a greatest serendipity person in my life!*

5. Mas Chanif Syamsudin, Mas Chanif Qomarudin, Satrio Teguh Yulianto, dan Farid merupakan ahli teknik dan elektronik yang telah bersedia membantu menyelesaikan purwarupa penulis.
6. Tim HUCED di ruang 210 yang tidak bisa namanya disebutkan satu persatu, atas dukungan, bantuan dan hiburan yang kalian berikan. Semoga Allah mempermudah urusan dan perjuangan kalian dengan kebaikan-Nya.
7. Dan semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Atas kerjasama dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga laporan ini bermanfaat bagi berbagai pihak, khususnya bagi dunia pendidikan desan produk industri.

Surabaya, 1 Agustus 2018

Yang membuat pernyataan,

Penulis

ABSTRAK

Strok dapat menimbulkan kecacatan atau kelumpuhan yang harus segera ditangani. Hal ini karena kelumpuhan akan mempengaruhi kegiatan sehari-hari dari pasien pasca strok. Dan bagian tubuh yang mengalami kelumpuhan salah satunya adalah anggota tubuh bagian atas (lengan). Terapi dengan menggunakan robot bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam melakukan rehabilitasi berbasis teknologi untuk melatih anggota gerak atas secara efektif. Terapi dengan menggunakan bantuan robot bisa lebih intensif, durasi lebih lama dan lebih berulang dibandingkan dengan terapi secara konvensional yaitu gerakan terapi dibantu oleh terapis. Oleh karena itu terapi dengan bantuan robot memiliki potensi lebih besar dalam proses rehabilitasi pasien pasca strok. Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai robot untuk rehabilitasi tungkai atas yang memiliki ukuran kecil berfokus pada pergerakan siku dan juga pergelangan tangan. Sedangkan eksoskeleton yang memiliki gerakan lebih banyak memiliki ukuran yang besar, berat, dan juga statis. Oleh karena itu penelitian ini membuat desain eksoskeleton untuk anggota tubuh bagian atas (lengan) yang memiliki bentuk yang ringkas, menggunakan 4 derajat kebebasan atau 4 macam gerakan lengan yang diletakkan di pergelangan tangan (*ulnar* dan *radial deviation*), siku (Fleksi dan ekstensi), dan 2 DoF di bahu (fleksi-ekstensi dan adduksi-abduksi) sehingga diharapkan eksoskeleton dapat digunakan di rumah pasien itu sendiri dan dapat melakukan kegiatan rehabilitasi di rumah yang nantinya dapat mempercepat penyembuhan kondisi pasca strok.

Kata Kunci : Upper Limb Eksoskeleton, Pasca Strok, Rehabilitasi di Rumah, Compact, Easy to Use

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRACT

Strokes can cause disability or paralysis that must be treated immediately. This is because paralysis affects the daily activities of post-stroke patients. And part of the body that has paralysis one of them is the upper limb (arm). Therapy by using robots can be used as an alternative in technology-based rehabilitation to effectively train upper limbs. Therapy with the help of robots can be more intensive, longer and more repetitive duration compared to conventional therapies namely therapeutic movements assisted by therapists. Therefore therapy with the help of robots has greater potential in the process of rehabilitation of post-stroke patients. Most of the previous research on robots for rehabilitation of upper limbs that has a small size focuses on the movements of the elbows and wrists. While the exoskeleton that has more movements has a large, heavy, and also static size. Therefore, this study makes an exoskeleton design for upper limbs (arms) that have a compact shape, using 4 degrees of freedom or 4 kinds of arm movements placed on the wrist (ulnar and radial deviation), elbows (flexion and extension), and 2 DoF on the shoulder (flexion-extension and adduction-abduction) so that it is expected that the exoskeleton can be used in the patient's own home and can carry out rehabilitation activities at home which can accelerate the healing of post-stroke conditions.

Keywords : Upper Limb Eksoskeleton, Post stroke, Home Rehabilitation, Compact, Easy to Use

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	viii
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Tentang Strok	1
1.1.2 Rehabilitasi	2
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan	6
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Rehabilitasi Pasca Strok	7
2.2 Eksoskeleton	8
2.2.1 Penerapan Eksoskeleton	8
2.2.2 Jenis <i>Upper Limb</i> Eksoskeleton	9
2.3 Gerakan <i>Upper Limb</i>	10
2.4 Data Antropometri	10
2.5 Macam-Macam Motor Penggerak/Actuator	12
2.6 Tinjauan Desain <i>Upper Limb</i> Eksoskeleton	15
2.7 Tinjauan Desain <i>Upper Limb</i> Eksoskeleton	16
2.7.1 <i>Two-Degree Adjustable Eksoskeleton for Assistance of The Human Arm Using A Mechanical System of Fast Assembly and Upgradability</i>	16

2.7.2	<i>Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Eksoskeleton Rehabilitation Device for Elbow Joint</i>	17
2.7.3	<i>Auxilio: A Portable Cable-Driven Exosuit for Upper Extremity Assistance</i>	17
BAB III	19
METODE PERANCANGAN	19
3.1	Judul Perancangan.....	19
3.2	Subjek dan Objek	19
3.3	Metode Penelitian.....	20
3.4	Metode Pengumpulan Data	22
BAB IV STUDI DAN ANALISIS	25
4.1	<i>Benchmarking</i>	25
4.2	Psikografi Konsumen	26
4.3	Positioning Produk.....	27
4.4	<i>Brainstorming</i> Masalah dan Kebutuhan.....	29
4.5	<i>Brainstorming</i> Konsep Desain	30
4.6	<i>Image Board Inspire</i>	31
4.7	<i>Objective Tree</i>	33
4.8	Analisis Proses Rehabilitasi	34
4.9	Analisis Konfigurasi	37
4.10	Studi Volume	41
4.11	Fungsi Fitur-Fitur Produk	43
4.11.1.	4 Jenis DoF.....	43
4.11.2.	<i>Adjustable</i>	45
4.11.3.	<i>Button Controller</i>	46
4.12	Studi Antropometri	46
4.13	Analisis Aspek Teknologi	49
4.14	Analisis Struktur dan Material	53
4.15	Analisis Mekanisme	55
BAB V HASIL DESAIN DAN PEMBAHASAN	59
5.1.	Implementasi Desain Konsep.....	59
5.2.	Alternatif Desain	60
5.2.1	Alternatif 1	60

5.2.2	Alternatif 2	62
5.2.3	Alternatif 3	63
5.2.4	Alternatif 4	64
5.2.5	Alternatif 5	65
5.3.	Desain Final	67
5.4.	Gambar Operasional.....	68
5.5.	Usability Test	70
BAB VI KESIMPULAN		73
6.1.	Kriteria Desain	73
6.2.	Harga	74
6.3.	Kesimpulan	75
6.4.	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		79

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jenis Upper Limb Eksoskeleton.....	9
Tabel 2 Data Antropometri	11
Tabel 3 Komparasi Upper Limb Eksoskeleton	15
Tabel 4 Judul Perancangan.....	19
Tabel 5 Narasumber	22
Tabel 6 Komparasi Produk.....	25
Tabel 7 Psikografi Konsumen.....	26
Tabel 8 Psikografi Konsumen.....	27
Tabel 9 Lifestyle Board.....	31
Tabel 10 Proses Rehabilitasi	34
Tabel 11 Alternatif Konfigurasi Peletakan Baterai	38
Tabel 12 Alternatif Konfigurasi Peletakan Servo	39
Tabel 13 Komponen yang mempengaruhi ukuran cover ekoskeleton	42
Tabel 14 Ukuran Antropometri.....	48
Tabel 15 Ukuran Antropometri.....	48
Tabel 16 Spesifikasi Motor Servo.....	50
Tabel 17 Operasional Produk.....	68
Tabel 18 Hasil Usability Test.....	70
Tabel 19 Spesifikasi Eksoskeleton.....	73
Tabel 20 Harga Produksi.....	74

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Strok	1
Gambar 2 Terapi Fisik Tradisional yang membutuhkan terapis	3
Gambar 3 Alat bantu terapi untuk pasien <i>post stroke</i>	4
Gambar 4 Gerakan Tubuh Bagian Tungkai Atas	10
Gambar 5 Pengukuran Data Antropometri	10
Gambar 6 Pengukuran Data Antropometri	11
Gambar 7 Motor DC	12
Gambar 8 Motor Servo.....	13
Gambar 9 Komponen motor servo	14
Gambar 10 Metode Penelitian.....	20
Gambar 11 Positioning Produk	27
Gambar 12 Brainstorming.....	29
Gambar 13 Brainstorming Konsep Desain	30
Gambar 14 Square Idea board konsep desain	32
Gambar 15 Objective tree konsep desain.....	33
Gambar 16 Gerakan ekoskeleton bagian bahu	36
Gambar 17 Gerakan eksoskeleton bagian siku	36
Gambar 18 Gerakan tambahan untuk melatih pergelangan tangan	37
Gambar 19 Layout Peletakan Baterai	39
Gambar 20 Layout peletakan motor servo	41
Gambar 21 Cover Eksoskeleton yang sudah terpasang	42
Gambar 22 Letak DoF di bahu dan juga pergerakan DoF tersebut.....	43
Gambar 23 Letak DoF di siku dan juga pergerakan DoF tersebut.....	44
Gambar 24 Letak DoF di pergelangan tangan dan juga pergerakan DoF.....	44
Gambar 25 Sistem Adjustable Lengan Atas	45
Gambar 26 Sistem Adjustable Punggung	45

Gambar 27 Penggunaan button controller agar mudah dioperasikan	46
Gambar 28 Dimensi Antropometri.....	47
Gambar 29 Penerapan Data Antropometri pada Produk.....	49
Gambar 30 Motor Servo Dynamixel MX-106T.....	50
Gambar 31 Penggunaan motor servo di eksoskeleton	51
Gambar 32 Percobaan menggunakan driver untuk menggerakkan servo	51
Gambar 33 Konfigurasi driver di eksoskeleton	52
Gambar 34 Konfigurasi baterai	52
Gambar 35 Percobaan menggunakan button untuk menggerakkan servo	53
Gambar 36 Simulai bagian kerangka punggung	54
Gambar 37 Simulasi bagian kerangka punggung sampai lengan atas	54
Gambar 38 Simulasi lengan bawah.....	55
Gambar 39 Diagram mekanisme penggunaan eksoskeleton	55
Gambar 40 Percobaan Mekanisme penggunaan eksoskeleton	56
Gambar 41 Sketsa mekanisme eksoskeleton	56
Gambar 42 Studi mekanisme eksoskeleton dengan model skala 1 : 2	57
Gambar 43 Eksoskeleton yang disesuaikan dengan konsep desain	59
Gambar 44 Sketsa Alternatif 1	60
Gambar 45 Sketsa Alternatif 1	61
Gambar 46 Sketsa Alternatif 2.....	62
Gambar 47 Sketsa Alternatif 3.....	63
Gambar 48 Sketsa Alternatif 4.....	64
Gambar 49 Sketsa Alternatif 5	65
Gambar 50 Sketsa alternatif 5	66
Gambar 51 Desain Terpilih.....	67
Gambar 52 Desain terpilih	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Eksoskeleton yang dapat disesuaikan dengan ukuran tangan pasien

Lampiran 2 Upper Limb Eksoskeleton Rehabilitation Device (ULERD)

Lampiran 3 Virtual Environment

Lampiran 4 Bagian-bagian dari Auxilio

Lampiran 5 Gambar Tampak

Lampiran 6 Gambar Tampak (2)

Lampiran 7 Gambar Tampak (3)

Lampiran 8 Gambar Potongan

Lampiran 9 Gambar Potongan (2)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

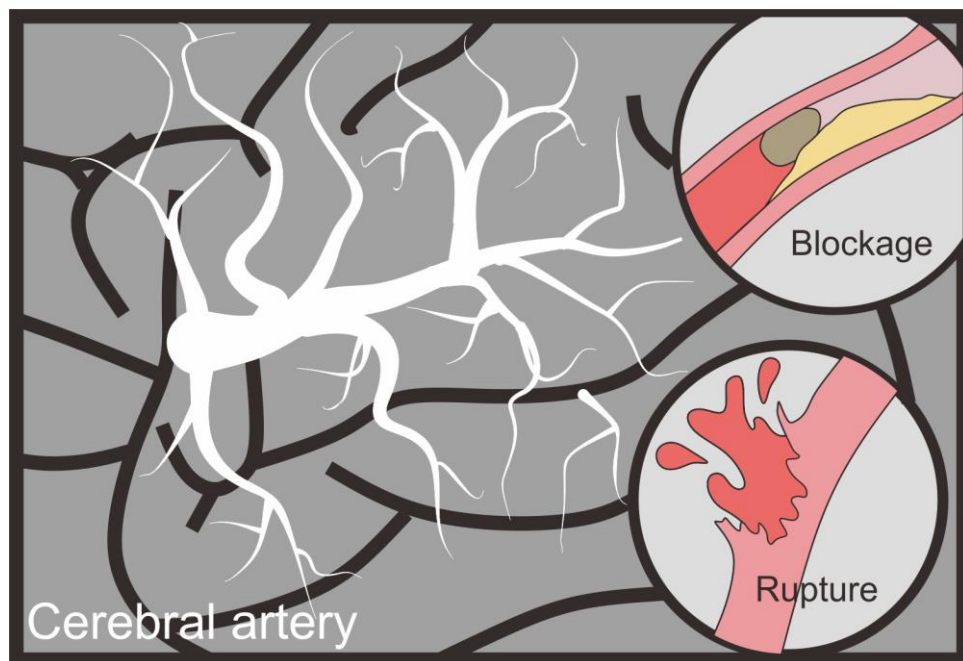
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Tentang Strok

Strok adalah gangguan fungsional otak yang terjadi mendadak dengan tanda dan gejala klinis baik fokal maupun global yang berlangsung lebih dari 24 jam, atau dapat menimbulkan kematian yang disebabkan oleh gangguan peredaran darah otak (WHO).



Gambar 1 Strok

(Digambar kembali dari <http://images.medicinenet.com//images/slideshow/visual-guide-to-strok-s1-diagram-cerebral-artery.jpg>)

Penyakit strok dibedakan menjadi 2 berdasarkan penyebabnya yaitu strok iskemik dan strok hemoragik. Strok iskemik disebabkan oleh trombosis serebral (gumpalan darah yang terbentuk di dalam pembuluh otak) dan relatif umum terjadi, lebih dari 70% kasus strok merupakan jenis iskemik. Strok hemoragik disebabkan oleh pecahnya pembuluh darah di dalam otak. Kasus

strok ini paling sering dikaitkan dengan tekanan darah tinggi yang berlangsung secara terus-menerus.

Efek penyakit strok dapat mengganggu aktivitas sehari-hari pasien. Strok menyebabkan kekuatan otot glutei menurun karena disebabkan oleh kelainan otot, tendon, tulang ataupun sendi, tetapi yang paling sering menyebabkan kelemahan otot adalah kelainan pada sistem saraf. Kadang kelemahan otot terjadi setelah sembuh dari suatu penyakit atau sering kali timbul karena proses penuaan (Seong-Hun Yu, 2013).

Dengan kemajuan teknologi yang sangat pesat, kini kematian akibat penyakit strok dapat ditekan. Namun kondisi kecacatan usai menderita penyakit strok meningkat. Penyakit strok berada di posisi kedua didunia sebagai penyebab kecacatan pada individu usia 60 tahun (Barnes.M, 2005).

1.1.2 Rehabilitasi

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas hidup penderita strok adalah melalui rehabilitasi. Fokus utama rehabilitasi medis adalah untuk mengembalikan kemandirian pasien dalam mencapai kemampuan fungsional yang optimal. Proses pemulihan pasca strok dibedakan menjadi 2 yaitu pemulihan neurologis (fungsi saraf otak) dan pemulihan fungsional (kemampuan melakukan aktivitas fungsional). Pemulihan neurologis terjadi awal setelah strok. Pada pemulihan fungsional, diharapkan pasien belajar untuk melakukan aktivitas dasar merawat diri dan juga aktivitas berjalan.

Proses pemulihan fungsional terjadi berdasarkan pada proses reorganisasi otak melalui :

1) Proses Substitusi

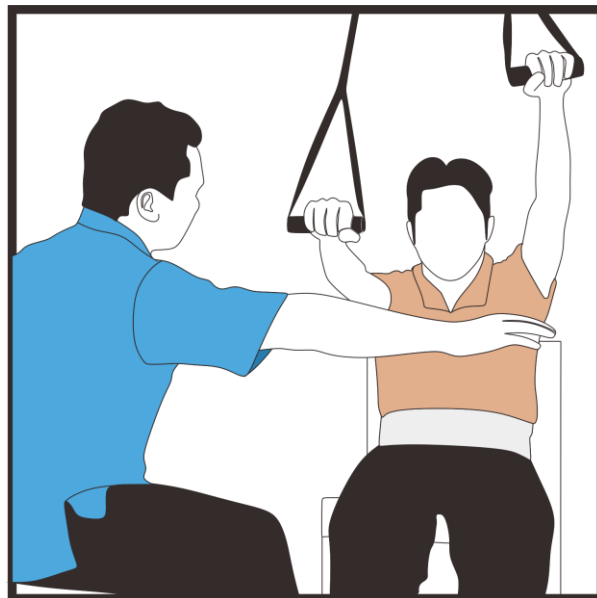
Proses ini sangat tergantung pada stimuli eksternal yang diberikan melalui terapi latihan menggunakan berbagai metode terapi.

2) Proses Kompensasi

Proses ini membantu menyeimbangkan keinginan aktivitas fungsional pasien dan kemampuan fungsi pasien yang masih ada. Hasil dicapai

melalui latihan berulang-ulang untuk suatu fungsi tertentu, pemberian alat bantu atau ortosis, perubahan perilaku, atau perubahan lingkungan (Rosiana, 2016).

Durasi dan intensitas dari terapi fisik merupakan kunci dari keberhasilan rehabilitasi neurologis (Kwakkel et al., 1999). Terapi fisik yang dilakukan untuk rehabilitasi membutuhkan bantuan tenaga terapis sehingga keberlangsungan terapi menjadi terbatas dan juga tergantung pada ketersediaan waktu dari terapis.



Gambar 2 Terapi Fisik Tradisional yang membutuhkan terapis

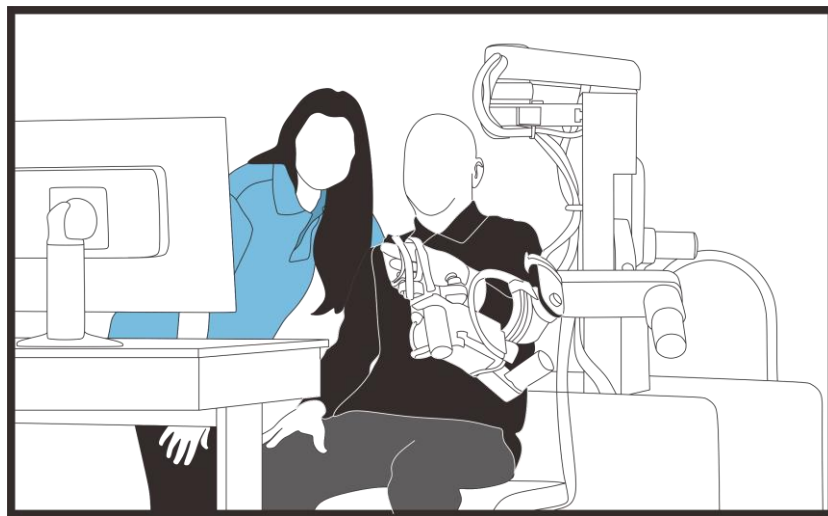
(Digambar kembali dari <http://wellagree.com/wp-content/uploads/2017/06/rehabilitasi-strok-500x500.jpg>)

Oleh karena itu dibutuhkan sebuah terapi alternatif dimana penderita stroke bisa melakukan terapi fisik tanpa perlu didampingi oleh terapis secara kontinu. Terapi dengan menggunakan robotik bisa dijadikan sebagai alternatif dalam menyediakan suatu bentuk rehabilitasi berbasis teknologi untuk melatih anggota gerak atas (*upper limb*) secara efektif.

Terapi menggunakan bantuan robot sebagai alat untuk rehabilitasi memiliki dampak atau hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan terapi fisik secara tradisional (Albert C, 2010). Terapi tradisional biasanya dilakukan

di rumah sakit seminggu 2 kali dan juga dibantu oleh terapis. Tentunya hal ini berdampak pada hasil terapi yang kurang optimal dikarenakan terbatasnya waktu. Namun dengan bantuan robot untuk rehabilitasi, intensitas dari terapi dapat ditambah sesuai dengan keinginan dari pasien dan juga durasi dari rehabilitasi dapat diperpanjang sesuai keinginan pasien.

Alat rehabilitasi dengan bantuan robot masih sangat jarang atau bahkan tidak ada di Indonesia. Alat rehabilitasi dengan bantuan robot telah banyak dikembangkan di negara-negara maju. Kebanyakan alat bantu rehabilitasi yang didesain memiliki ukuran yang besar dan juga memiliki bobot yang berat. Sehingga memerlukan tempat khusus untuk melakukan rehabilitasi. Oleh karena itu diperlukan eksoskeleton yang ringan dan juga berukuran kecil sehingga bisa digunakan untuk melakukan aktivitas lain.



Gambar 3 Alat bantu terapi untuk pasien *post stroke*

(Digambar ulang dari
<https://i.pinimg.com/originals/22/16/70/2216704cabe9cb2be51d22d185ba25e1.png>)

Terdapat beberapa metode untuk mengontrol alat bantu rehabilitasi menggunakan robot. Diantaranya adalah menggunakan Elektromyogram (EMG) yaitu pengontrolan eksoskeleton dengan menggunakan sinyal biologis yang dikirim oleh otot (Kazuo, 2012). Kelebihan dengan menggunakan pengontrol ini adalah pasien dapat menggerakkan eksoskeleton sesuai dengan kehendak mereka. Namun untuk pengontrolan dengan menggunakan EMG

masih sulit untuk diterapkan di Indonesia. Dan juga sensor untuk pengontrolan memiliki harga yang mahal. Oleh karena itu diperlukan pengontrolan yang sederhana sehingga pasien bisa mengoperasikan sendiri.

Berdasarkan latar belakang diatas pasien rehabilitasi strok membutuhkan alat bantu rehabilitasi strok dalam hal ini adalah eksoskeleton upper limb yang mampu menunjang hasil dari rehabilitasi yaitu dengan menaikkan intensitas dari terapi yang dapat dioperasikan sendiri oleh pasien penderita strok.

1.2 Rumusan Masalah

1. Eksoskeleton yang Relatif Berat dan Memiliki Ukuran yang Besar

Eksoskeleton yang saat ini banyak digunakan adalah eksoskeleton bertipe statis. Eksoskeleton ini memiliki ukuran cenderung besar yang berdimensi 1.85 x 1.12 x 1.2 m dan juga memiliki bobot yang berat yaitu 83 Kg. Hal ini membuat eksoskeleton sulit untuk dipindah tempatkan dengan mudah. Untuk melakukan rehabilitasi juga dilakukan di tempat khusus dimana eksoskeleton untuk rehabilitasi tersebut berada. Pada umumnya eksoskeleton berada dirumah sakit maka pasien harus ke rumah sakit terlebih dahulu untuk melakukan terapi fisik. Eksoskeleton ini memiliki jumlah gerakan yang lebih banyak dibandingkan dengan eksoskeleton bertipe mobile.

2. Pengontrolan Eksoskeleton yang Terbilang Rumit

Untuk memasang eksoskeleton diperlukan bantuan terapis dan juga untuk mengontrol gerakan eksoskeleton memerlukan bantuan orang lain atau terapis. Dan juga pengontrolan dari eksoskeleton yang cukup rumit untuk dioperasikan sendiri oleh pasien rehabilitasi.

3. Terbatasnya Waktu Rehabilitasi di Tempat Rehabilitasi

Keterbatasan waktu dalam proses rehabilitasi dan ketergantungan waktu dari terapis tentunya akan menghambat proses pemulihan anggota gerak tubuh yang akan mengakibatkan proses penyembuhan berlangsung lama.

1.3 Batasan

1. Eksoskeleton yang didesain adalah eksoskeleton untuk bagian atas tubuh atau *upper limb*
2. Eksoskeleton digunakan untuk pasien *post stroke hemiplegia*
3. Eksoskeleton ini dapat digunakan dirumah pasien penderita *post stroke*
4. Pemasangan eksoskeleton dibantu oleh orang lain
5. Eksoskeleton yang didesain digunakan untuk lengan yang mengalami impairment
6. Eksoskeleton memiliki 4 DOF (*Degree of Freedom*)

1.4 Tujuan

1. Merancang eksoskeleton *upper limb* yang digunakan untuk menunjang rehabilitasi
2. Merancang eksoskeleton yang memiliki ukuran kecil dan ringan
3. Merancang eksoskeleton yang mampu dioperasikan sendiri oleh pengguna

1.5 Manfaat

1. Pasien *post stroke* dapat melakukan terapi dan mendapat hasil yang lebih baik dibandingkan dengan terapi tradisional.
2. Pasien *post stroke* dapat melakukan rehabilitasi lebih intens dan juga dapat dilakukan berulang kali.
3. Pasien *post stroke* mampu lebih cepat mengembalikan atau memperbaiki sistem gerak yang mengalami penurunan dari segi kekuatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rehabilitasi Pasca Strok

Rehabilitasi anggota gerak atas sangat penting bagi penderita strok, hal ini dikarenakan bagian tubuh atas sangat berpengaruh terhadap kegiatan sehari-hari seperti makan/ minum, mandi, berpakaian, mengkonsumsi obat, dan lain sebagainya.

Rehabilitasi strok merupakan sebuah program yang terkoordinasi yang memberikan perawatan restoratif untuk memaksimalkan pemulihan dan meminimalisasi *impairment*, *disability*, dan *hadicap* yang disebabkan oleh strok (Widiyanto, 2009). *Disability* atau ketidakmampuan didefinisikan sebagai keterbatasan atau hilangnya kemampuan untuk melakukan aktivitas yang umum dilakukan orang normal akibat *impairment* yang dideritanya (Wirawan, 2009). Menurut Wirawan (2009), terdapat 6 prinsip dasar pada rehabilitasi strok sebagai berikut:

1. Gerak merupakan obat yang paling mujarab.
2. Latihan yang digunakan pada terapi gerak sebaiknya merupakan gerak fungsional.
3. Pasien diarahkan untuk melakukan gerak dengan keadaan senormal mungkin.
4. Latihan gerak fungsional dapat dilakukan setelah stabilitas tubuh sudah tercapai.
5. Terapi gerak diberikan kepada pasien yang siap secara fisik maupun mental.
6. Hasil terapi akan optimal jika ditunjang dengan kemampuan fungsi kognitif, persepsi, dan modalitas sensoris yang baik.

Menurut Bastian (2011), rehabilitasi medik pasca strok dapat terbagi menjadi dua fase berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dari program

rehabilitasi. Fase awal bertujuan untuk mencegah komplikasi sekunder dan melindungi fungsi yang tersisa. Fase lanjutan bertujuan untuk mencapai kemandirian fungsional dalam mobilisasi dan *Activities of Daily Living* (ADL). Fase lanjutan dimulai ketika IPS sudah stabil secara medik. Fase ini melibatkan berbagai jenis terapi antara lain fisioterapi, okupasi terapi, terapi wicara, ortotik prostetik, dan psikologi (Bastian, 2011). Pemilihan jenis terapi yang dilakukan pada suatu program rehabilitasi medis tergantung pada dampak sisa yang dialami oleh penderita strok (Brass, 1992).

Wirawan (2009) membagi fase rehabilitasi pasca strok berdasarkan tujuan dan intervensi yang diberikan. Rehabilitasi terbagi menjadi tiga fase yaitu fase akut, fase sub akut, dan fase kronis. Menurut Wirawan (2009) hasil rehabilitasi yang mungkin dicapai seorang IPS terbagi ke dalam lima tingkatan, yaitu :

1. Mandiri penuh dan kembali ke tempat kerja seperti sebelum sakit.
2. Mandiri penuh dan bekerja namun alih pekerjaan yang lebih ringan sesuai kondisi.
3. Mandiri penuh namun tidak bekerja.
4. Aktivitas sehari-hari perlu bantuan minimal dari orang lain.
5. Aktivitas sehari-hari sebagian besar atau sepenuhnya dibantu orang lain.

2.2 Eksoskeleton

Eksoskeleton merupakan ortosis yang pergerakannya dibantu oleh gerakan mekanis yang digerakkan oleh motor yang bertujuan untuk membantu dalam proses rehabilitasi fisik.


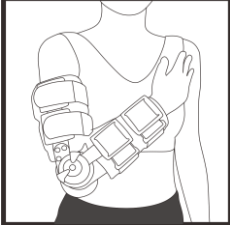
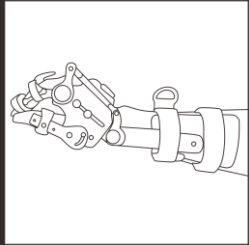
2.2.1 Penerapan Eksoskeleton

Penerapan eksoskeleton dalam bidang medis dapat digunakan dalam berbagai keperluan rehabilitasi. Penggunaan eksoskeleton digunakan untuk rehabilitasi penderita

cerebral palsy, gangguan tulang belakang, dan juga stroke dan ketiganya tentunya membutuhkan pendekatan yang berbeda dalam menggunakan eksoskeleton untuk membantu proses rehabilitasi. Pada perancangan ini eksoskeleton ditujukan untuk pasien penderita stroke. .

2.2.2 Jenis *Upper Limb* Eksoskeleton

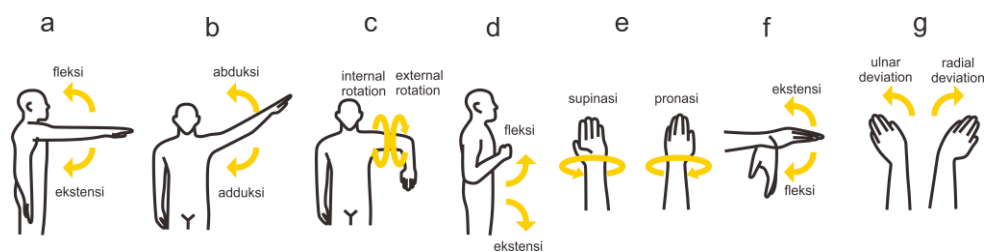
Tabel 1 Jenis *Upper Limb* Eksoskeleton

Jenis Eksoskeleton	Keterangan
 (Digambar kembali dari https://myphysioshop.com.au/collections/04-hot-cold-therapy/products/powerplay-shoulder-wrap)	<i>Sholder powered-orthosis</i>
Jenis Eksoskeleton	Keterangan
 (Digambar kembali dari https://guide.alibaba.com/shop/rom-hinged-elbow-arm-forarm-braces-support-splint-orthosis-orthotics-band-pad-belt-immobilizer-strap-wrap-sleeve-protector-guard-adjustable-for-arm-elbow-broken_1008316504.html)	<i>Elbow powered-orthosis</i>
	<i>Wrist and finger powered-orthosis</i>

Berdasarkan tabel diatas, perancangan ini lebih berfokus pada eksoskeleton bagian atas tubuh (lengan) yaitu gabungan antara *shoulder powered orthosis* , *elbow powered orthosis*, dan juga *wrist orthosis*.

2.3 Gerakan *Upper Limb*

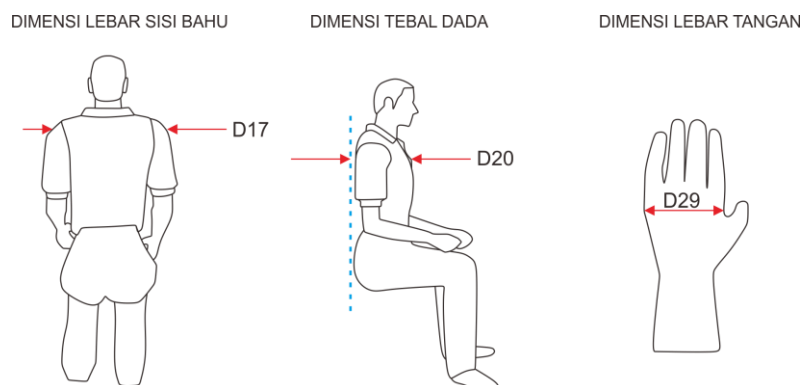
Anggota tubuh bagian atas terdiri dari 4 bagian yang bisa digerakkan yaitu bahu, siku, pergelangan tangan, dan juga jari. Gerakan utama untuk bahu adalah fleksi / ekstensi bahu (Gambar 8 (a)), abduksi / adduksi bahu (Gambar 8 (b)), dan internal / eksternal rotasi bahu (Gambar 8 (c)). Siku bisa melakukan gerakan 2DOF atau 2 derajat kebebasan diantaranya adalah fleksi / ekstensi (Gambar 8 (d)) dan supinasi / pronasi (Gambar 8 (e)). Pergelangan tangan memiliki 2 derajat kebebasan atau 2 DOF yaitu fleksi / ekstensi (Gambar 8 (f)) dan deviasi radial / ulnar (Gambar 8 (g)).



Gambar 4 Gerakan Tubuh Bagian Tungkai Atas
(Digambar kembali dari Ruwan Chandra Gopura, 2015)

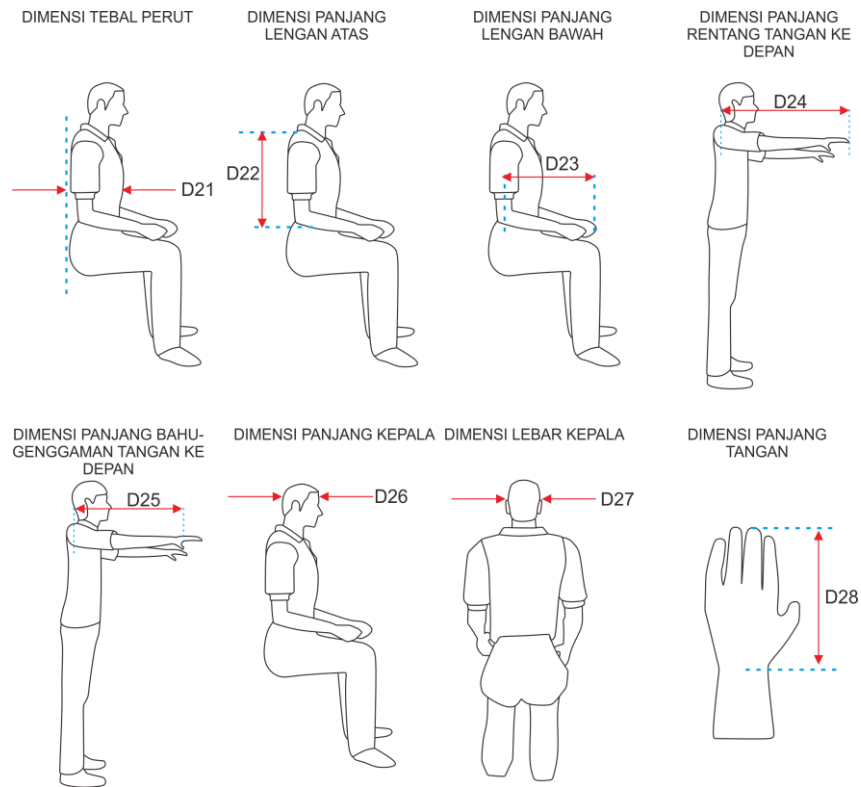
2.4 Data Antropometri

Data antropometri diperlukan untuk menunjang dalam merancang eksoskeleton yang sesuai dengan ukuran orang Indonesia.



Gambar 5 Pengukuran Data Antropometri

(Digambar kembali dari
http://www.antropometriindonesia.org/index.php/detail/sub/3/4/18/pengukuran_antropometri)



Gambar 6 Pengukuran Data Antropometri

(Digambar kembali dari

http://www.antropometriindonesia.org/index.php/detail/sub/3/4/18/pengukuran_antropometri)

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran antropometri orang Indonesia menurut antropometriindonesia.org.

Tabel 2 Data Antropometri

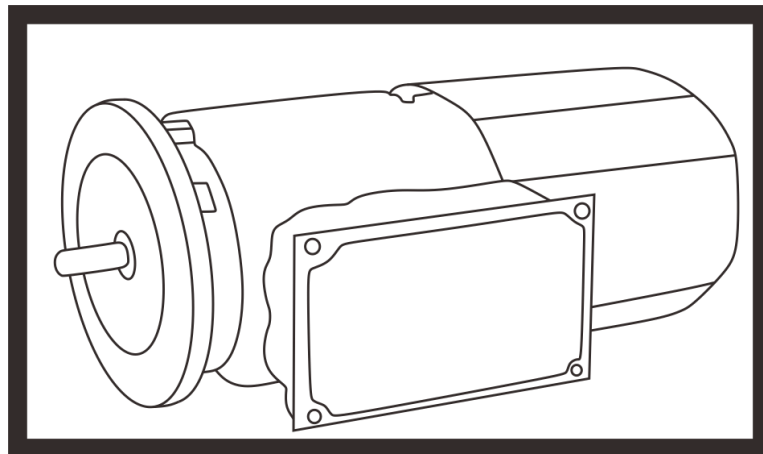
Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th
D17	Lebar sisi bahu	42.22	43.86	45.51
D20	Tebal dada	19.74	21.38	23.03
D21	Tebal perut	22.9	24.55	26.19
D22	Panjang lengan atas	32.13	33.77	35.42
D23	Panjang lengan bawah	43.73	45.38	47.02
D24	Panjang rentang tangan ke depan	67.81	69.45	71.1

Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	57.45	59.09	60.74
D26	Panjang kepala	16.84	18.49	20.13
D27	Lebar kepala	14.77	16.42	18.06
D28	Panjang tangan	16.47	18.11	19.76
D29	Lebar tangan	10.41	12.05	13.7

2.5 Macam-Macam Motor Penggerak/Actuator

1. Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Motor DC menggunakan arus langsung dan tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



Gambar 7 Motor DC

(Digambar kembali dari <http://zoniaelektro.net/motor-dc/>)

Kelebihan Motor DC

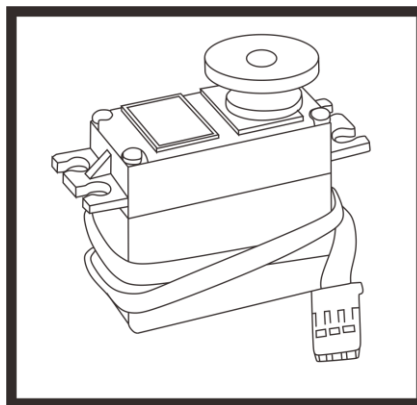
Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

2. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.



Gambar 8 Motor Servo

(Digambar kembali dari <http://zonaelektro.net/motor-servo/>)

Keunggulan Motor Servo

Keunggulan dari penggunaan motor servo adalah :

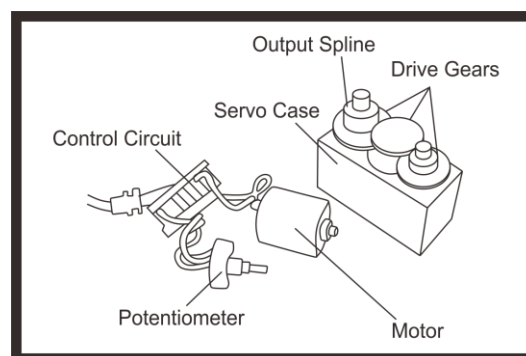
- Tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi.
- Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
- Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
- Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti encoder yang dipakai.
- Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi.

Aplikasi Motor Servo

Motor servo dapat dimanfaatkan pada pembuatan robot, salah satunya sebagai penggerak kaki robot. Motor servo dipilih sebagai penggerak pada kaki robot karena motor servo memiliki tenaga atau torsi yang besar, sehingga dapat menggerakkan kaki robot dengan beban yang cukup berat. Pada umumnya motor servo yang digunakan sebagai penggerak pada robot adalah motor servo 180°.

Komponen Motor Servo

Motor servo pada dasarnya dibuat menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan kontroler dan sensor posisi sehingga dapat memiliki gerakan 0°, 90°, 180° atau 360°. Berikut adalah komponen internal sebuah motor servo 180°.



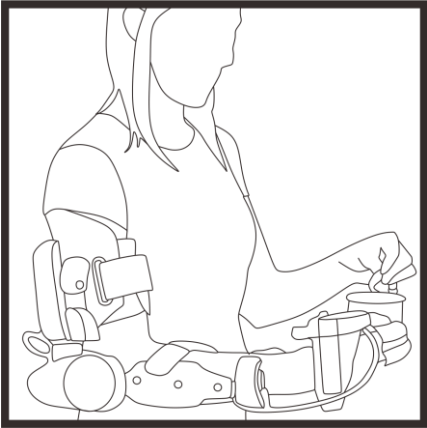
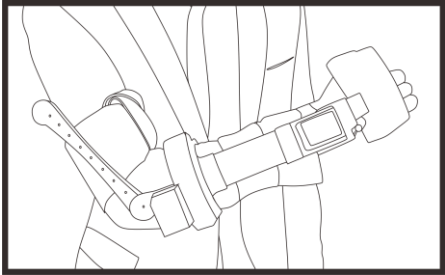
Gambar 9 Komponen motor servo

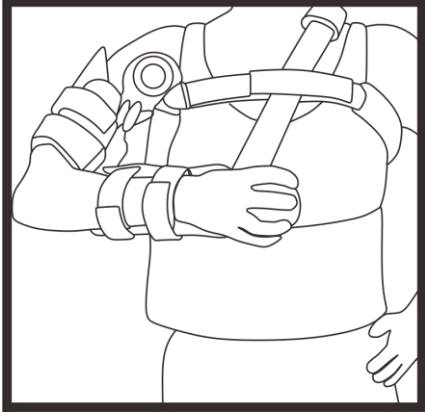
(sumber : <http://zoniaelektro.net/motor-servo/>)

Tiap komponen pada motor servo diatas masing-masing memiliki fungsi sebagai *controller*, *driver*, sensor, girbox dan aktuator. Pada gambar diatas terlihat beberapa bagian komponen motor servo. Motor pada sebuah motor servo adalah motor DC yang dikendalikan oleh bagian kontroler, kemudian komponen yang berfungsi sebagai sensor adalah potensiometer yang terhubung pada sistem girbox pada motor servo.

2.6 Tinjauan Desain *Upper Limb* Eksoskeleton

Tabel 3 Komparasi Upper Limb Eksoskeleton

NO	Desain Acuan	Spesifikasi	Yang Dapat Diacu
1	<p>MyoPro</p>  <p>(Digambar kembali dari exoskeletonreport.com/product/myopro/)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan sensor EMG - Telapak tangan dapat menggenggam dan juga melepas - <i>Portable</i> - Jangkauan gerakan pasif yang tepat - 2 DOF 	Desain yang ringkas dan <i>portable</i> .
2	<p>Paule</p>  <p>(Digambar kembali dari exoskeletonreport.com/product/paule/)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Material yang digunakan ringan. - Motor terletak di siku dan juga pergelangan tangan. - Harga yang murah - Menggunakan 2DOF - <i>Portable</i> 	Sistem gerak putar pada lengan bagian bawah.

NO	Desain Acuan	Spesifikasi	Yang Dapat Diacu
3	<p>Donjoy S.C.O.I Shoulder Brace</p>  <p>(Digambar kembali dari www.medicalexpo.com/prod/donjoy/product-96003-598539.html)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat digunakan untuk tangan kanan dan kiri. - Dapat bergerak disudut 30° - 150°. - Tidak ada hardware tambahan. - Menggunakan 1DOF - <i>Portable</i> 	<p>Desain yang ringkas dan <i>portable</i>. Pengait Ortosis ke tubuh.</p>

2.7 Tinjauan Desain *Upper Limb* Eksoskeleton

2.7.1 *Two-Degree Adjustable Eksoskeleton for Assistance of The Human Arm Using A Mechanical System of Fast Assembly and Upgradability*

Menurut jurnal, Saat ini banyak beredar eksoskeleton untuk lengan dan hal ini mampu menaikkan kemungkinan untuk pulih. Namun sistem yang digunakan mahal dan juga memerlukan tempat khusus untuk melakukan rehabilitasi. Oleh karena itu jurnal ini menawarkan eksoskeleton yang terpasang di lengan atas dan bawah serta dapat disesuaikan dengan ukuran tangan.

Eksoskeleton yang dihasilkan terdiri dari 3 bagian yaitu untuk pergelangan tangan, lengan bawah, dan juga lengan atas yang tertera pada lampiran 1. Eksoskeleton yang dihasilkan mempunyai 2 DOF (*Degree of Freedom*). Dan untuk aktuator eksoskeleton ini menggunakan digital servo motor (MX-64) sebagai penggerak. Material yang digunakan adalah aluminium, ABS, dan juga serat elastis untuk pengikat lengan.

2.7.2 *Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Eksoskeleton Rehabilitation Device for Elbow Joint*

Desain dari eksoskeleton yang dihasilkan adalah eksoskeleton yang ringan dan juga eksoskeleton ini dapat digunakan untuk rehabilitasi di rumah. Eksoskeleton ini digunakan untuk melatih gerak dari siku dan juga pergelangan tangan yang bisa dilihat di lampiran 2. Material yang digunakan untuk eksoskeleton ini adalah aluminium.

Untuk penggerak atau yang berperan sebagai sendi dari eksoskeleton ini adalah motor DC . Dan untuk mengontrol dari gerakan eksoskeleton, kontrol EMG (Elektromyogram) yaitu untuk menggerakkan eksoskeleton pasien harus menggerakkan otot-otot ditangan yang nantinya gerakan otot ini sebagai sinyal biologis yang ditangkap untuk menggerakkan eksoskeleton. Eksoskeleton ini juga menerapkan *virtual environment* untuk merekam gerakan dari tangan pengguna yang dibantu oleh eksoskeleton yang bisa dilihat di lampiran 3.

2.7.3 *Auxilio: A Portable Cable-Driven Exosuit for Upper Extremity Assistance*

Auxilio adalah sebuah perangkat *exosuit* yang ringan dan juga *portable* untuk bahu dan juga siku yang bisa dilihat di lampiran 4. Untuk mekanismenya menggunakan motor DC yang diletakkan di bagian punggung dan tenaga berpindah dari aktuator menuju lengan melalui transmisi kabel. *Exosuit* ini menggunakan *twisted string actuator* (TSA) sebagai sarana menyalurkan putaran dari motor untuk menggerakkan *exosuit*. TSA adalah aktuator yang kuat, ringkas, ringan, aman, dan lentur. Untuk menggerakkan *exosuit* ini pengguna perlu menggerakkan lengan yang sehat sehingga lengan yang mengalami kerusakan akan mengikuti gerakan lengan yang sehat metode ini disebut mirroring.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1 Judul Perancangan

Desain *Upper Limb* Eksoskeleton untuk Menunjang Rehabilitasi Pasien *Post Stroke* dengan Menggunakan Konsep *Compact* dan *Easy To Use*

Tabel 4 Judul Perancangan

Desain <i>Upper Limb</i> Eksoskeleton	Proses perancangan ortosis yang menggunakan motor untuk bagian atas tubuh (lengan)
Rehabilitasi Pasien <i>Post stroke</i>	Upaya untuk mengembalikan fungsi motorik pasien strok dengan cara melakukan latihan terapi fisik secara bertahap
<i>Compact</i>	Eksoskeleton memiliki ukuran yang terbilang kecil dan ringan
<i>Easy To Use</i>	Eksoskeleton dapat dioperasikan sendiri oleh user

3.2 Subjek dan Objek

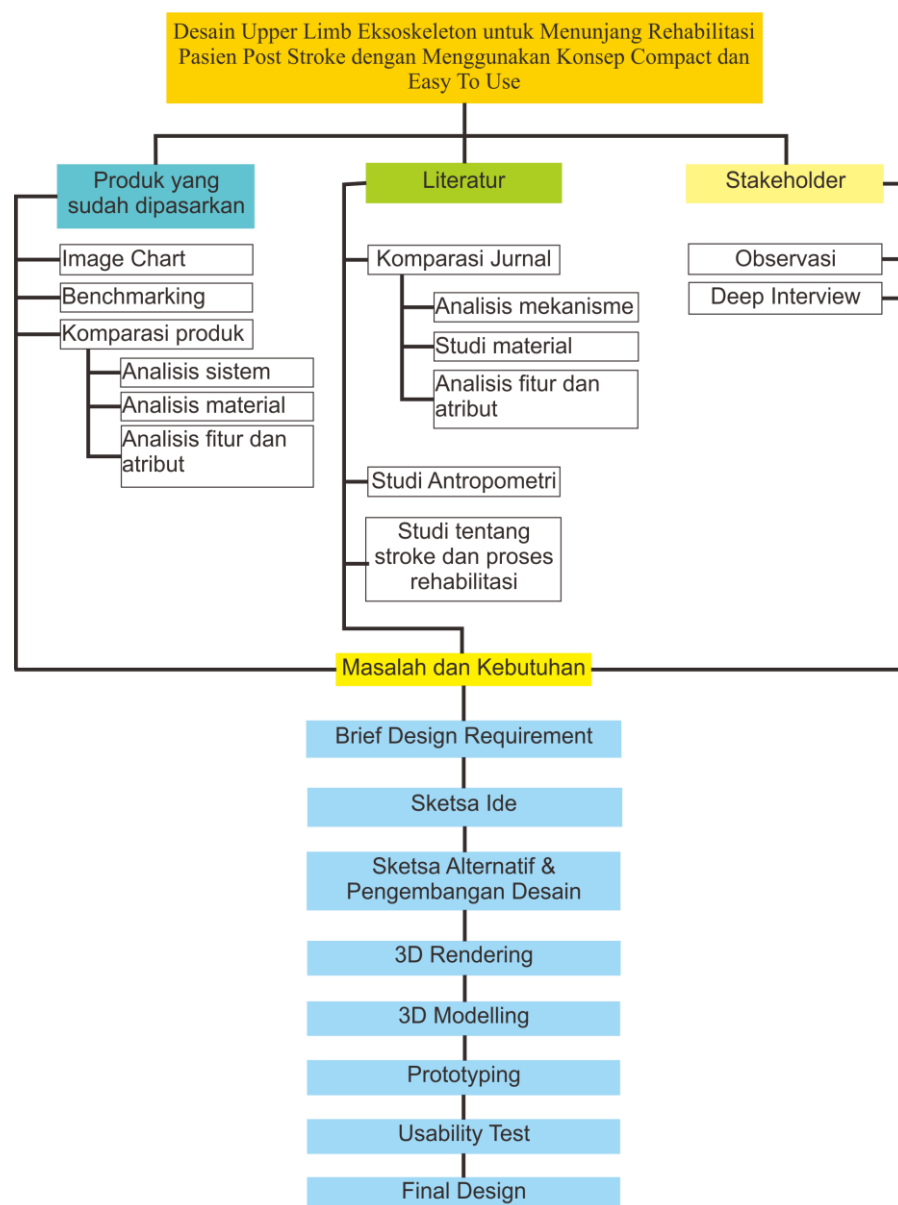
Subjek Perancangan : *Upper limb* eksoskeleton

Objek Perancangan :

- Case* untuk eksoskeleton
- Struktur eksoskeleton
- Layout peletakan motor servo, baterai
- Rompi
- Sistem Mekanisme

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk meneliti dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan ini dipilih karena data-data pendukung yang konkrit diperlukan untuk mempelajari secara spesifik masalah-masalah yang ada pada rehabilitasi pasien pasca stroke. Metode pengumpulan data yang digunakan dengan cara observasi, *deep interview*, studi dan komparasi literatur, serta studi produk yang sudah ada.



Gambar 10 Metode Penelitian

Riset ini dilakukan dengan 3 sumber yaitu *stakeholder*, literatur, dan produk yang sudah dipasarkan. Sumber pertama yaitu *stakeholder* yaitu terapis dan pasien. Pada tahap ini, dilakukan metode observasi ke lokasi terapi untuk melakukan pengamatan pada proses rehabilitasi kemudian melakukan *deep interview* kepada terapis mengenai tentang rehabilitasi dan perkembangan pasien. Kemudian melakukan *deep interview* kepada pasien, bertanya tentang keseharian dan aktivitas terapi yang dilakukan selain diklinik.

Sumber yang kedua berasal dari literatur, data didapatkan melalui jurnal, artikel atau website yang sudah terjamin kebenarannya. Pada sumber ini, data yang dicari adalah teori tentang strok dan penanganannya, produk eksoskeleton yang masih berstatus riset dan dikomparasikan dengan produk sejenis, serta studi tentang, material dan aktuator dan juga studi antropometri yang akan digunakan untuk acuan menentukan ukuran eksoskeleton.

Sumber yang ketiga yaitu berasal dari produk pasaran, yang mana mengidentifikasi berdasarkan benchmarking serta melakukan komparasi mengenai bentuk, harga, sistem yang akan digunakan dll.

Berdasarkan ketiga sumber tersebut dapat ditarik suatu masalah/fenomena yang ada. Kemudian menentukan apa saja yang akan diselesaikan dan membentuk *Brief Design Requirement* dan dilanjutkan dengan melakukan ideation sketch dan membuat alternatif desain. Setelah desain telah terpilih, kemudian menganalisa komponen yang dibutuhkan, analisa fitur, studi material dan studi antropometri yang dapat diperoleh pada literatur. Langkah selanjutnya membuat *Digital modelling* menggunakan software 3D dan studi model dengan menggunakan metode *rapid prototyping*. Kemudian menganalisa struktur, mekanik, dan sistem *adjustable*. Setelah dirasa cukup, kemudian lanjut ke tahap pembuatan *prototype* kemudian akan dilakukan *usability test* dan menghasilkan desain final.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terbagi menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder. Untuk mendapatkan data primer, diperlukan pengumpulan data dengan cara observasi lapangan dan melakukan wawancara kepada *stakeholder* sedangkan data sekunder yaitu dari kumpulan literatur dan membandingkan literatur satu dengan yang lain sesuai dengan parameter ataupun batasan masalah yang sudah dijelaskan, mempelajari produk yang sudah ada untuk dijadikan acuan desain yang akan dirancang yang bisa didapatkan/diambil dari literatur, jurnal ataupun internet.



Pengambilan data yang dilakukan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut :

3.4.1 Data Dari *Stakeholder*

Pengambilan data primer yang dilakukan dengan cara melakukan wawancara dengan pakar dan orang yang terlibat untuk mengidentifikasi kebutuhan serta kemungkinan masalah yang muncul dan nantinya dapat mempengaruhi konsep dan desain akhir dari eksoskeleton. *Stakeholder* yang digunakan untuk pengambilan data primer adalah pasien pasca stroke serta ahli medis/terapis yang menangani pasien.

Berikut adalah narasumber yang turut andil dalam pengumpulan data primer :

Tabel 5 Narasumber

Pasien Rehabilitasi	Terapis
	
Pasien rehabilitasi dengan kelemahan otot sebelah kiri	Penulis bersama terapis yang menangani proses terapi

a. *Deep Interview*

Metode ini ditujukan kepada terapi ataupun ahli medis dari pihak rumah sakit untuk mendapatkan data berupa :

1. Data kemajuan pasien atau kondisi pasien dalam tahap rehabilitasi
2. Metode yang digunakan terapis pada saat melakukan terapi
3. Saran yang diberikan terapis terkait alat bantu terapi
4. Solusi yang diberikan terapis pada permasalahan yang kemungkinan muncul

b. *Observasi*

Metode ini dilakukan dengan mengunjungi lokasi untuk mengamati aktivitas terapi, alat terapi dan metode terapi yang dipakai secara langsung. Observasi dilakukan sebanyak 3 kali pada pukul 18.00-19.00 yang berlokasi di daerah Surabaya Timur. Dari pengamatan ini didapatkan data berupa :

1. Aktivitas dan proses terapi
2. Metode-metode yang dilakukan pada saat melakukan terapi
3. Keluhan dan limitasi yang diderita pasien
4. Titik lemah pasien pada saat terapi
5. Permasalahan dan kebutuhan pasien

3.4.2 Data Literatur

Data literatur merupakan data sekunder yang bisa didapatkan dari berbagai sumber, mulai dari buku akademis, jurnal maupun artikel terpercaya yang tersebar di Internet. Data yang diambil adalah keilmuan tentang strok, rehabilitasi pasca-strok mengenai anggota gerak, riset pengembangan alat eksoskeleton tangan, paten, antropometri tungkai atas, dll. Data tersebut nantinya akan diolah dan beberapa data yang diperoleh

dikembangkan lebih lanjut dan diimplementasikan. Data literatur yang diperoleh berupa :

1. Pengembangan riset eksoskeleton yang serupa
2. Ilmu mengenai stroke dan cara menanggulangi
3. Data antropometri di berbagai sumber
4. Jurnal mengenai pengaruh penggunaan alat bantu robotik dalam proses terapi
5. Sistem yang diperlukan untuk pembuatan alat yang dirancang
6. Jurnal mengenai analisis pasar, regulasi dll

3.4.3 Data Produk yang Sudah Dipasarkan

Data produk yang sudah dipasarkan merupakan data sekunder yang dikumpulkan berupa kumpulan produk eksoskeleton yang sudah beredar dipasaran. Data yang diambil berupa cara kerja operasional robot, *power supply*, sistem kontroler, harga, konfigurasi dan bentuk. Data tersebut nantinya diolah dan dikomparasikan dengan produk yang akan dirancang sesuai dengan batasan masalah yang telah dipaparkan. Data produk yang diambil berupa :

1. Bentuk/*casing*
2. Konfigurasi peletakan motor
3. Sistem gerak
4. Sistem kontroler yang digunakan

BAB IV

STUDI DAN ANALISIS

4.1 Benchmarking

Tabel 6 Komparasi Produk

Parameter	MyoPro	HAL Single Joint Elbow	EduExo
			
Jenis	<i>Mobile exosekeleton</i>	<i>Mobile exosekeleton</i>	<i>Mobile exosekeleton</i>
Purpose	Untuk membantu aktivitas sehari-hari	<i>Medical assistive device</i>	<i>Education for School</i>
Nama Perusahaan	Myomo Inc.	Cyberdyne	EduExo
Harga	\$ 85.000	\$ 14.000-\$ 19.000	\$1100
Aktuator Aktif	Siku	Siku	Siku
Aktuator Pasif	Pergelangan tangan - jari	-	-
Jumlah DoF	4 DoF	1 DoF	1 DoF
DoF yang digerakkan	Fleksi/extensi siku Fleksi/extensi pergelangan tangan Pronasi/supinasi pergelangan tangan <i>Radial/ulnar Deviation</i> jari	Fleksi/extensi siku	Fleksi/ekstensi siku
Kontroler	Sensor EMG	Sensor BES (<i>bioelectrical signals</i>)	Sensor EMG, force sensor
<i>Power Supply</i>	Baterai	Baterai	Baterai

Kesimpulan

- Ketiga eksoskeleton diatas menggunakan baterai sebagai sumber energi untuk menggerakkan eksoskeleton.
- Eksoskeleton diatas memiliki fungsi yang berbeda-beda yaitu sebagai asisten, untuk rehabilitasi, dan juga ada yang sebagai pembelajaran.
- Ketiga eksoskeleton diatas menggerakkan tangan diarea siku dan juga pergelangan tangan. Untuk pergerakan bahu masih belum bisa dibantu oleh eksoskeleton.

4.2 Psikografi Konsumen

Dalam menentukan psikografi konsumen diperlukan target user berdasarkan usia. Mayoritas yang terkena penyakit stroke adalah golongan dewasa dan juga golongan orang tua. Penyakit stroke biasanya menyerang diusia 35 tahun keatas. Sehingga analisis psikografi konsumen fokus digolongan dewasa dan juga orang tua.

a. Dewasa

Tabel 7 Psikografi Konsumen

Demografi Konsumen		AIO			Kebutuhan
		<i>Activity</i>	<i>Interest</i>	<i>Opinion</i>	
Umur	35-50 tahun	Melakukan kegiatan terapi.	Penambahan waktu untuk melakukan terapi.	Mudah digunakan.	Alat bantu yang dapat mempercepat proses pemulihan.
Gender	Pria dan Wanita	Memiliki pekerjaan yang tertunda.	Pengeluaran biaya yang tidak terlalu banyak untuk terapi.	Terjangkau. Terapi dapat dilakukan dimanapun. Dapat mempercepat proses pemulihan.	Alat bantu yang mudah untuk digunakan.

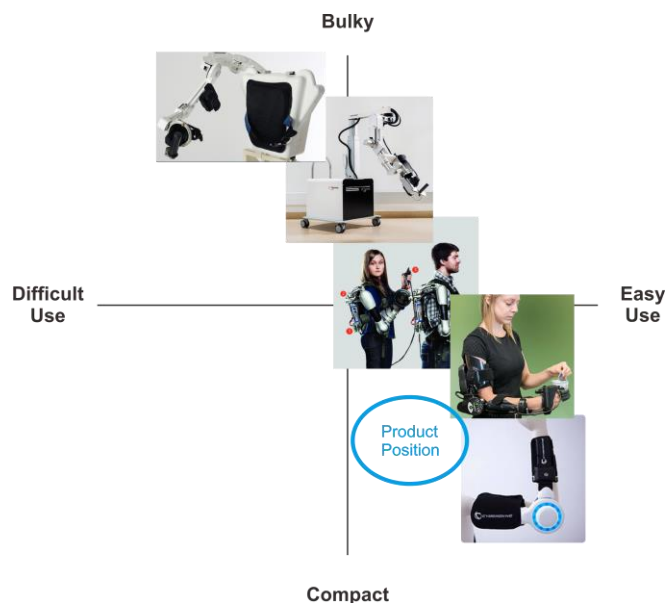
b. Orang Tua

Tabel 8 Psikografi Konsumen

Demografi Konsumen		AIO			Kebutuhan
		<i>Activity</i>	<i>Interest</i>	<i>Opinion</i>	
Umur	>50 tahun	Melakukan kegiatan terapi.	Nyaman untuk digunakan.	Kemudahan dalam mengontrol alat.	Alat bantu dengan bentuk yang ringkas atau kecil.
Gender	Pria dan Wanita	Berkumpul dengan keluarga.	Alat yang dapat digunakan sambil beraktivitas lain.	Alat yang dapat digunakan di rumah. Mengutamakan fungsi.	Alat bantu yang memiliki bobot yang ringan. Alat bantu yang mudah dioperasikan.

4.3 Positioning Produk

4.3.1 Target Positioning Produk



Gambar 11 Positioning Produk

Kesimpulan

Produk akan ditempatkan diposisi dimana produk memiliki bentuk yang terbilang kecil dan simple dan juga penggunaan kontroler yang terbilang mudah untuk diterapkan di Indonesia dan juga mudah untuk dioperasikan salah satunya menggunakan *button control*.

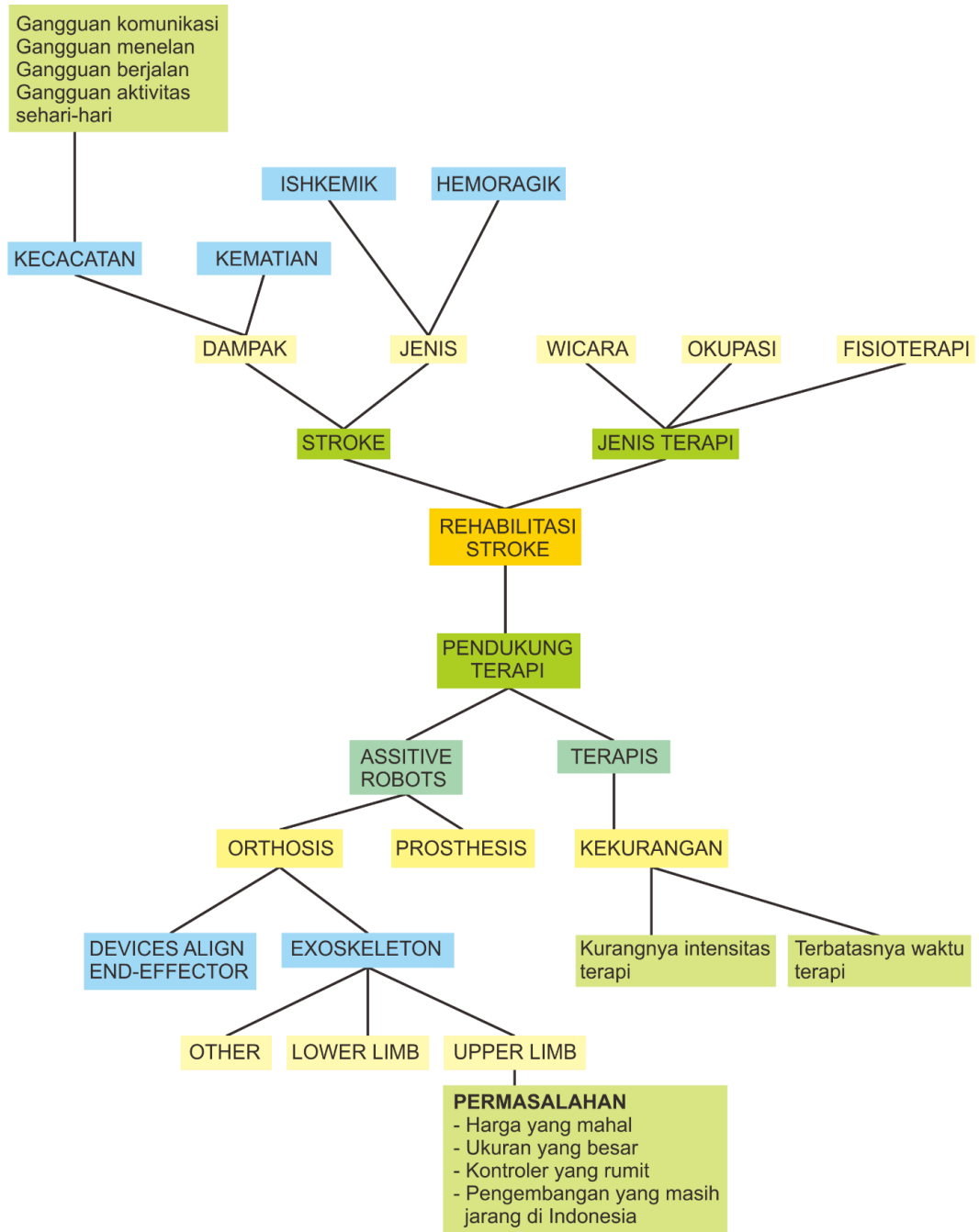
4.3.2 Segmentasi Produk

Segmentasi produk dilakukan untuk menentukan letak dimana produk rancangan akan ditempatkan. Penggunaan segmentasi demografis merupakan segmentasi yang paling sesuai untuk produk rancangan.

Segmentasi demografis:

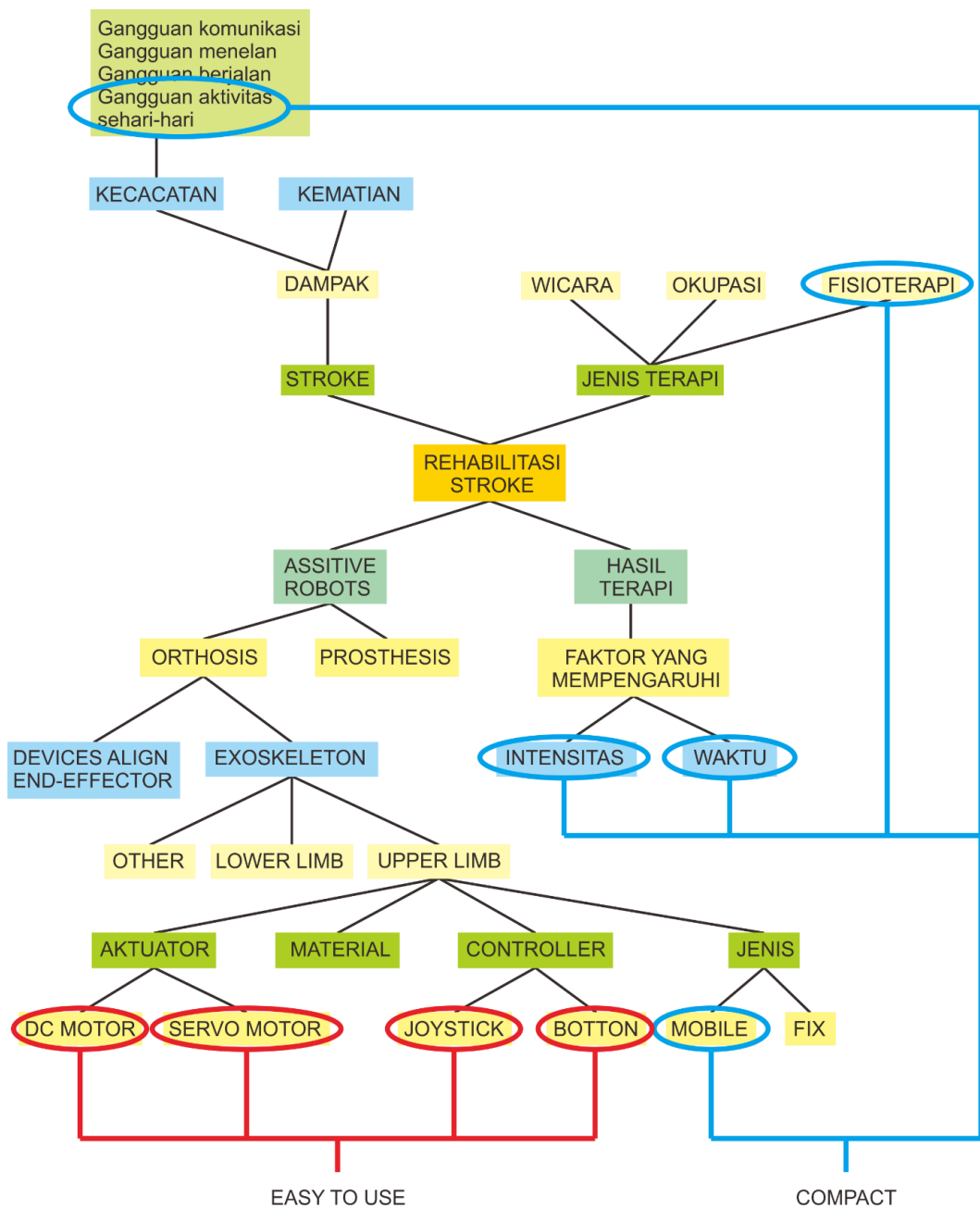
- a. Usia : segmentasi yang dituju adalah kalangan diusia 35 ke atas, hal ini karena pada usia 35 tahun keatas merupakan usia yang paling banyak terkena serangan strok.
- b. Kelas sosial : kelas sosial yang dipilih yaitu keluarga atas. Mereka bagi mereka bisa sembuh lebih diutamakan berapapun harga alat yang akan dibeli.
- c. Jenis kelamin : *Unisex* dan dapat digunakan sesuai dengan ukuran antropometri orang Indonesia.

4.4 Brainstorming Masalah dan Kebutuhan



Gambar 12 Brainstorming

4.5 Brainstorming Konsep Desain



Gambar 13 Brainstorming Konsep Desain

4.6 Image Board Inspire

4.6.1 Lifestyle Board

Tabel 9 Lifestyle Board

Demografi	Lifestyle	Deskripsi
Pasien Pasca Strok Umur >35 tahun		<p>Pasien pasca strok melakukan berbagai macam aktivitas salah satunya adalah terapi/rehabilitasi. Terapi yang dilakukan yaitu melakukan gerakan tangan yang dibantu oleh alat yang berukuran cukup besar dan hanya bisa dilakukan di rumah sakit atau melakukan terapi konvensional dengan bantuan terapis namun hal ini dirasa tidak efektif karena terbatasnya waktu dan juga penyesuaian waktu dari terapis sehingga tidak bisa dilakukan terlalu intens. Sedangkan di rumah, pasien menambah biaya terapi dengan menggunakan alat bantu orthosis sebagai terapi didalam rumah, namun orthosis yang digunakan tidak bisa ditekuk dan kaku sehingga menyulitkan pasien.</p>

4.6.2 Square Idea Board



Gambar 14 Square Idea board konsep desain

KETERANGAN :

1. Rehabilitasi

Suatu upaya untuk mengembalikan atau memulihkan fungsi anggota gerak tubuh bagian atas terutama tubuh bagian atas yaitu lengan akibat penyakit stroke.

2. *Upper Limb* Eksoskeleton

Mendesain alat bantu untuk meningkatkan hasil rehabilitasi *post stroke* berupa eksoskeleton untuk tubuh bagian atas yaitu lengan dengan menggunakan bantuan aktuator atau penggerak elektronik yang ditenagai oleh baterai.

3. *Compact*

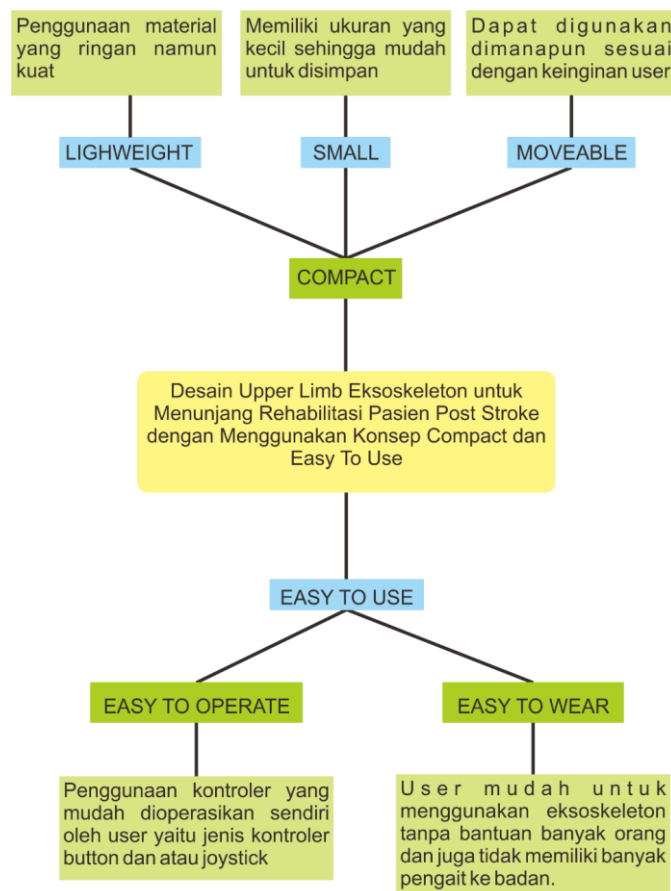
Konsep yang digunakan eksoskeleton agar pengguna mampu untuk menggunakan alat bantu untuk rehabilitasi dirumah atau dimanapun yang diinginkan user serta mudah untuk dibawa kemana-mana dan juga kemudahan untuk penyimpanan alat.

4. *Easy to Use*

Konsep yang digunakan untuk mempermudah pengontrolan serta pemasangan eksoskeleton oleh user berupa penggunaan kontroler fisik sebagai perantara gerakan eksoskeleton.

4.7 *Objective Tree*

Berikut adalah *object tree* dari konsep eksoskeleton yang menjadi dasar pemikiran untuk menemukan ide desain yang tepat sasaran dari produk yang akan dirancang. Konsep eksoskeleton untuk tubuh bagian atas atau *upper limb* ini adalah *Compact* dan *Easy to Use*.



Gambar 15 Objective tree konsep desain

4.8 Analisis Proses Rehabilitasi



a. Tujuan Analisis



Analisis ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tahapan-tahapan terapi yang dilakukan dilapangan, mengetahui *feedback* dari pasien saat menjalani proses terapi serta mengetahui gerakan mana pada pasien yang perlu mendapatkan *treatment* khusus yang nantinya akan dijadikan landasan rancangan eksoskeleton pada lengan pasien.

b. Pembahasan

Analisis dilakukan pada tanggal 3, 10, 18 Nopember 2017 pada jam 18.00-19.00 WIB bertempat di Klinik Fisioterapi Niniek. Berikut hasil analisis proses rehabilitasi :

Tabel 10 Proses Rehabilitasi

Gambar	Aktivitas
	Melakukan pijatan-pijatan dan membantu menggerakkan jari-jari tangan dan juga menggerakkan pergelangan tangan. Hal ini dikarenakan pasien masih mengalami kesulitan untuk menggenggam atau melepas genggaman dan juga untuk menggerakkan area pergelangan tangan.
	Melakukan gerakan fleksi-ekstensi di siku dengan bantuan terapis. Terapis membantu menggerakkan lengan bagian bawah keatas dan kebawah dan juga memberi pijatan diarea siku sembari menggerakkan lengan bagian bawah. Kondisi lengan bawah pasien mengalami <i>twist</i> sehingga memerlukan penahan untuk membenarkan posisi lengan bawah. Terapi ini bertujuan untuk menguatkan otot diarea siku.

Gambar	Aktivitas
	<p>Melakukan gerakan mengambil dan meletakkan barang. Kondisi pasien saat melakukan gerakan mengambil cenderung menggerakkan lengannya kearah luar tubuh. Sehingga diperlukan penahan untuk membenarkan posisi lengan saat mengambil benda. Dan juga pasien masih mengalami kesulitan saat melakukan gerakan mengambil benda. Hal ini karena otot diarea bahu masih lemah.</p>
	<p>Memindahkan benda dari satu posisi ke posisi yang lain. Pasien mengalami kesulitan untuk memindahkan benda dan juga saat mengangkat lengannya tinggi-tinggi. Terapi ini dilakukan untuk menguatkan otot diarea bahu dan juga otot-otot jari.</p>

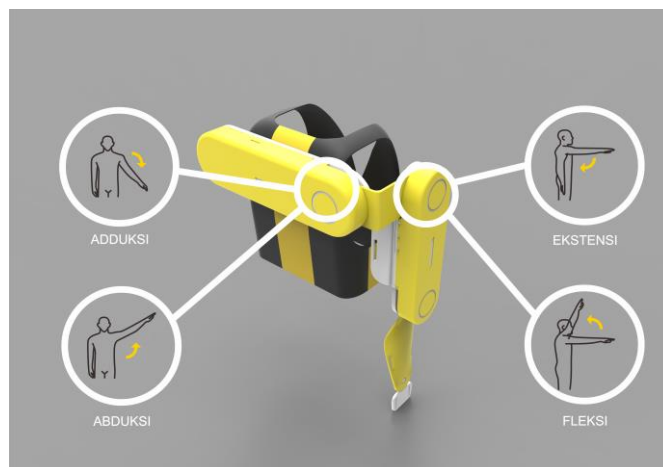
c. Kesimpulan

Berdasarkan tabel diatas pasien masih membutuhkan *Treadment* lanjutan untuk memperbaiki gerakan pasien agar lebih baik lagi. Berikut beberapa kondisi gerakan pasien yang dapat digunakan untuk mendesain eksoskeleton secara tepat :

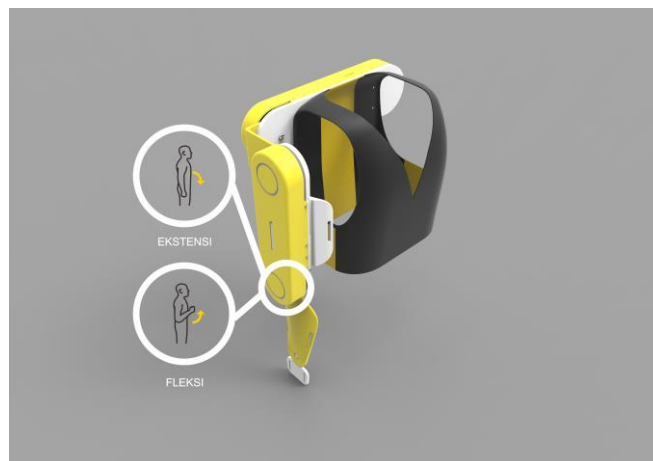
- Kondisi lengan bawah yang mengalami *Twist*
- Gerakan kompensasi keluar tubuh saat mengangkat lengan
- Kondisi pergelangan tangan yang masih lemah

Dan berikut adalah gerakan-gerakan lengan yang dilatih saat melakukan rehabilitasi yang nantinya bisa digunakan untuk acuan gerakan eksoskeleton.

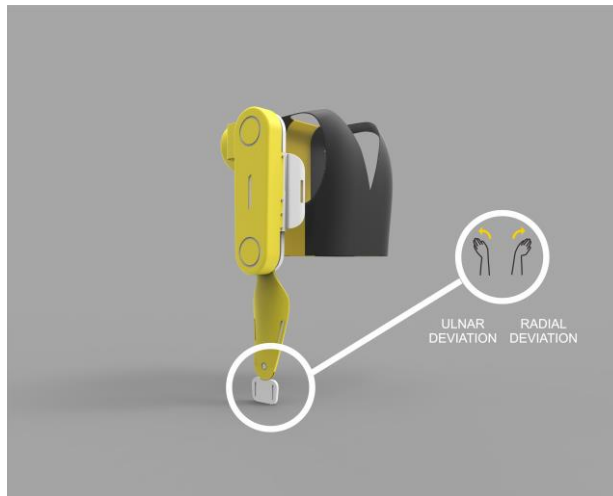
- Adduksi – abduksi
- Ekstensi – fleksi bahu
- Ekstensi – fleksi siku



Gambar 16 Gerakan eksoskeleton bagian bahu



Gambar 17 Gerakan eksoskeleton bagian siku



Gambar 18 Gerakan tambahan untuk melatih pergelangan tangan

Didapatkan data primer lain berupa *deep interview* dengan terapis mengenai rehabilitasi pasien pasca stroke sebagai berikut :

- Pasien melakukan proses rehabilitasi dengan bantuan terapis yang dilaksanakan seminggu sekali di klinik yang berdurasi 1 jam.
- Penanganan dan terapi stroke harus dilakukan sedini mungkin setelah terjadi serangan, agar penanganan dan penyembuhan pasien berjalan lebih cepat.
- Pasien melakukan latihan gerakan tangan saat dirumah.

4.9 Analisis Konfigurasi

4.9.1 Konfigurasi Baterai

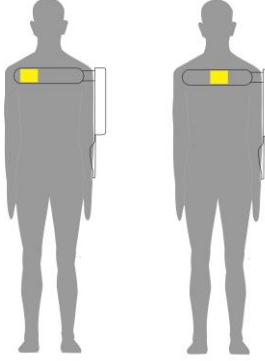


a. Tujuan

Untuk mengetahui konfigurasi peletakan baterai yang paling optimal.

b. Pembahasan

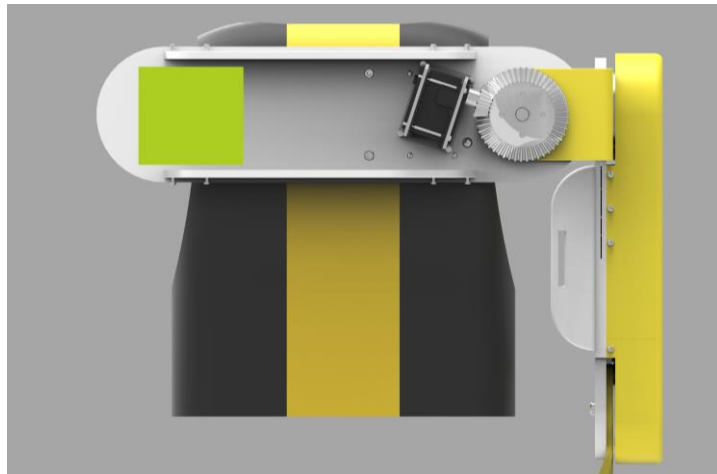
Konfigurasi peletakan baterai.

Tabel 11 Alternatif Konfigurasi Peletakan Baterai

<p>Alternatif Konfigurasi 1</p>		<p>Dibagian punggung eksoskeleton masih memiliki ruang yang cukup banyak sehingga memungkinkan untuk diletakkan baterai.</p> <p>Peletakan baterai dipinggir tidak mengganggu sistem adjustable eksoskeleton.</p> <p>Peletakan baterai ditengah mengganggu sistem adjustable.</p>
<p>Alternatif Konfigurasi 2</p>		<p>Lengan bagian atas memiliki ruang yang sedikit sehingga tidak memungkinkan diletakkan baterai hal ini dikarenakan terdapat 2 buah servo.</p> <p>Peletakan baterai dibagian lengan atas dapat mengganggu sistem adjustable.</p>
<p>Alternatif Konfigurasi 3</p>		<p>Baterai diletakkan dibagian depan yaitu dibagian perut. Konfigurasi ini tidak memakan tempat dan tidak mengganggu kinerja eksoskeleton.</p> <p>Namun konfigurasi ini akan menambah volume tambahan dibagian depan. Sedangkan dibagian punggung masih terdapat ruang yang cukup untuk meletakkan baterai.</p>

c. Kesimpulan

Peletakan baterai menggunakan Alternatif 1. Baterai diletakkan dibagian punggung dan menggunakan konfigurasi sebelah kiri hal ini dikarenakan agar tidak mengganggu sistem adjustable.



Gambar 19 Layout Peletakan Baterai

4.9.2 Konfigurasi Servo


a. Tujuan

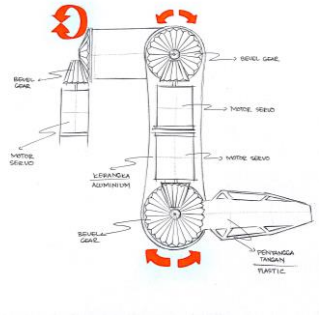
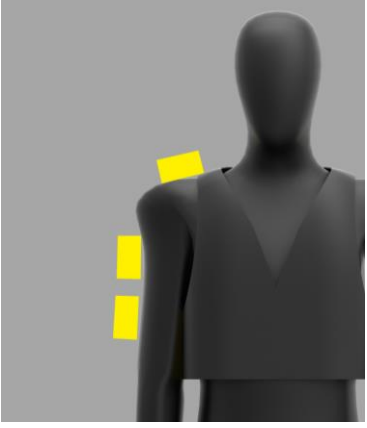
Untuk mengetahui konfigurasi peletakan motor servo yang paling optimal.

b. Pembahasan

Konfigurasi Peletakan Servo.

Tabel 12 Alternatif Konfigurasi Peletakan Servo

<p>Alternatif konfigurasi 1</p>		<p>Pada bagian lengan bawah memiliki ketebalan yang sama dengan lengan bagian atas.</p> <p>Peletakan servo pada bagian punggung memakan ruang yang sedikit.</p>
---------------------------------	--	---

<p>Alternatif konfigurasi 2</p>		<p>Pada bagian lengan bawah hanya memiliki ketebalan dari rangka eksoskeleton.</p> <p>Peletakan servo pada bagian punggung memakan ruang yang banyak.</p>
<p>Alternatif konfigurasi 3</p>		<p>Peletakan servo dibahu memiliki kelebihan area punggung bisa lebih <i>clean</i> dan eksoskeleton bisa digunakan sambil bersandar atau tiduran.</p> <p>Peletakan servo di bahu tidak memungkinkan dilakukannya gerakan bahu adduksi-abduksi hal ini dikarenakan tidak adanya ruang untuk meletakkan gear penggerak eksoskeleton.</p>

c. Kesimpulan



Gambar 20 Layout peletakan motor servo

- Peletakan servo menggunakan kombinasi dari alternatif 1 dan 2. Peletakan servo pada bagian punggung menggunakan konfigurasi alternatif 1 yaitu diletakkan secara horizontal. Hal ini dikarenakan peletakan servo pada alternatif 1 berakibat pada ukuran rangka eksoskeleton bagian punggung yang lebih kecil dibandingkan dengan alternatif 2.
- Peletakan servo di rangka bagian lengan atas menggunakan konfigurasi alternatif 2 yaitu diletakkan secara vertikal. Hal ini dikarenakan peletakan servo pada alternatif 2 memiliki kesan bentuk yang lebih *compact* dan *clean* dibandingkan dengan alternatif 1.


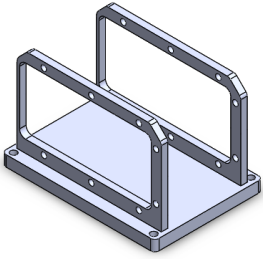
4.10 Studi Volume

a. Tujuan

Mengetahui komponen-komponen didalam cover eksoskeleton untuk menentukan ukuran cover eksoskeleton.

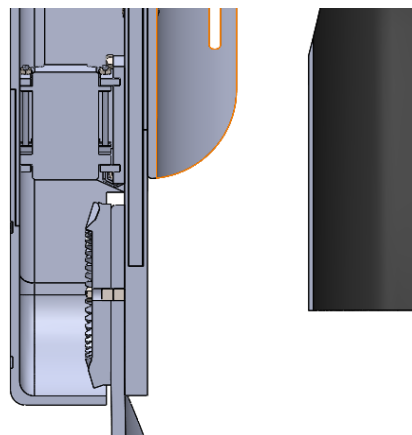
b. Pembahasan

Tabel 13 Komponen yang mempengaruhi ukuran cover eksoskeleton

	Motor Servo Dimensi : 65.1 x 46 x 40.2 mm
	Dudukan Servo Dimensi : 70.9 x 50 x 45.8 mm

c. Kesimpulan

Cover eksoskeleton memiliki ketinggian yang sama dengan dudukan servo yaitu 46 mm hal ini bertujuan untuk menekan ukuran cover eksoskeleton semaksimal mungkin.



Gambar 21 Cover Eksoskeleton yang sudah terpasang

4.11 Fungsi Fitur-Fitur Produk

a. Tujuan

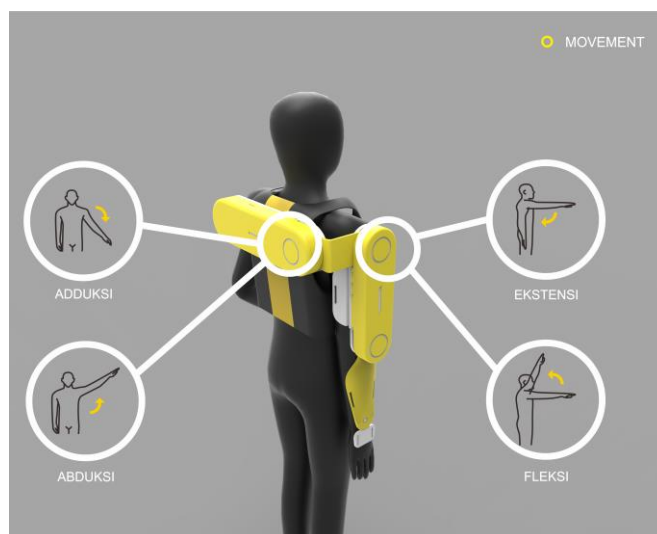
Analisis ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada analisis proses rehabilitasi yang sudah dipaparkan dan pada desain acuan. Pemberian fitur pada produk eksoskeleton selain untuk menyelesaikan masalah disisi lain menjadi diferensiasi terhadap produk eksoskeleton yang sejenis sehingga dirasa memiliki nilai positif tersendiri.

b. Pembahasan

4.11.1. 4 Jenis DoF

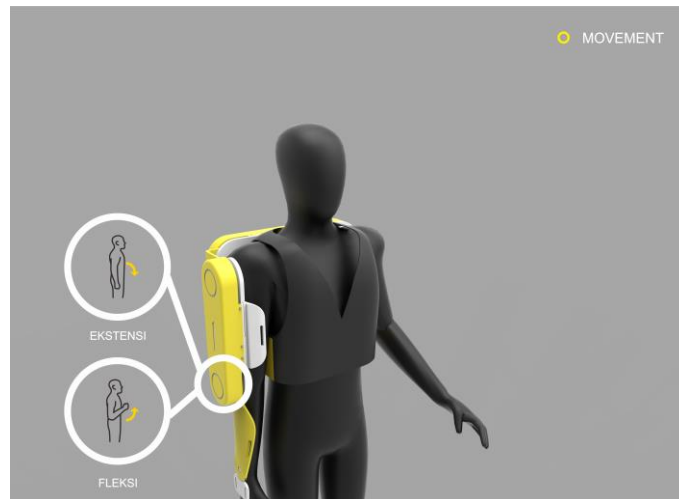
Eksoskeleton menggunakan atau melatih 4 DoF atau 4 jenis gerakan yang berbeda yang dibantu oleh aktuator pasif dan aktuator aktif. Letak dari DoF sendiri tersebar di bahu, siku, dan juga pergelangan tangan.

Dibahu terdapat 2 DoF yaitu untuk melakukan gerakan adduksi-abduksi dan juga fleksi-ekstensi. Fitur ini digunakan untuk melatih otot-otot yang berada diarea sekitar bahu dan juga melatih gerakan adduksi-abduksi dan fleksi-ekstensi. Untuk melatih gerakan tersebut dibantu dengan motor servo.



Gambar 22 Letak DoF di bahu dan juga pergerakan DoF tersebut

Disiku terdapat 1 DoF yaitu untuk gerakan fleksi-ekstensi. Fitur ini digunakan untuk melatih gerakan siku fleksi-ekstensi dan juga untuk memperkuat otot diarea siku. Untuk melatih gerakan tersebut dibantu dengan motor servo.



Gambar 23 Letak DoF di siku dan juga pergerakan DoF tersebut

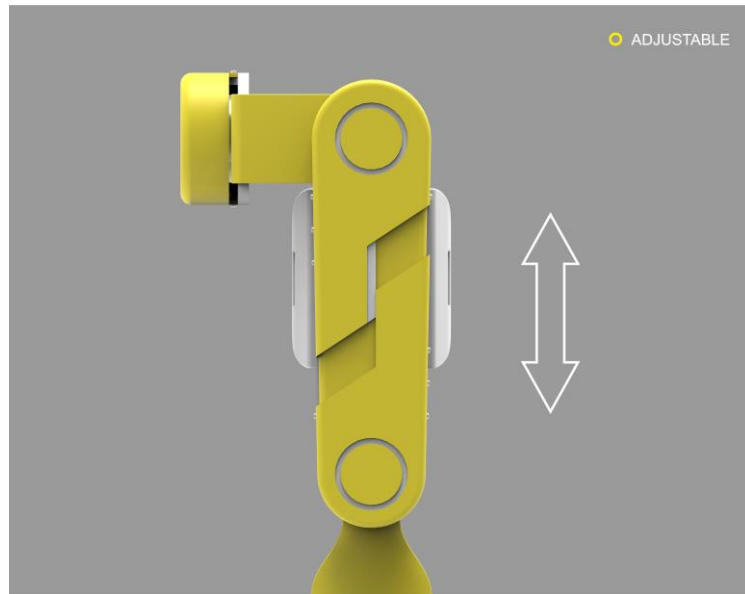
DoF terakhir terdapat di pergelangan tangan untuk gerakan ulnar deviation dan radial deviation. Fitur ini digunakan untuk melatih otot-otot di pergelangan tangan dan juga melatih gerakan ulnar deviation dan radial deviation.



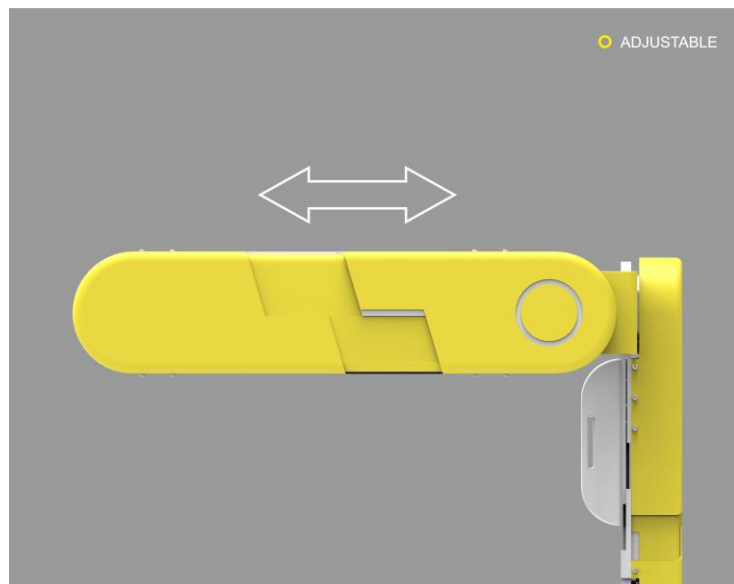
Gambar 24 Letak DoF di pergelangan tangan dan juga pergerakan DoF

4.11.2. *Adjustable*

Eksoskeleton memiliki fitur adjustable pada bagian punggung dan juga lengan atas. Hal ini dikarenakan setiap orang memiliki ukuran tubuh yang berbeda-beda. Sehingga sistem *adjustable* diperlukan agar eksoskeleton dapat digunakan oleh banyak orang.

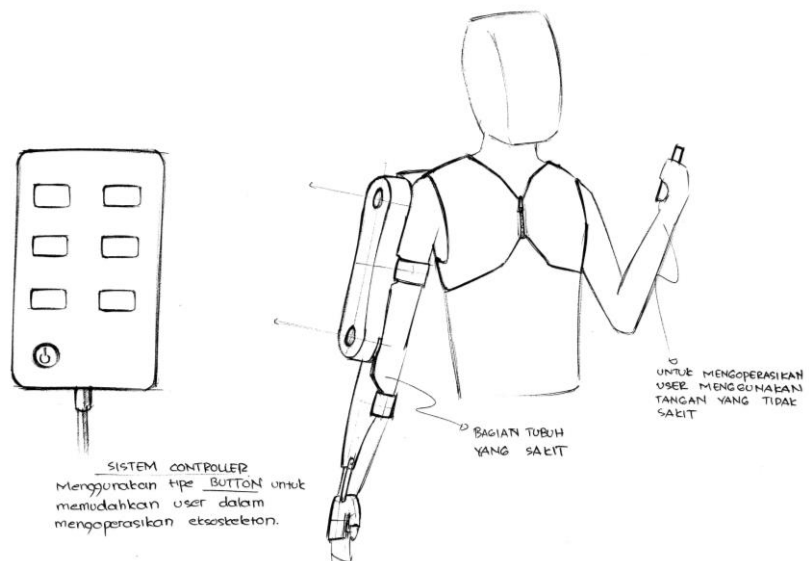


Gambar 25 Sistem Adjustable Lengan Atas



Gambar 26 Sistem Adjustable Punggung

4.11.3. *Button Controller*



Gambar 27 Penggunaan button controller agar mudah dioperasikan

Eksoskeleton menggunakan kontroler tipe *button* yang berupa *remote control*. *Button controller* ini digunakan untuk menyalakan dan mematikan eksoskeleton. Selain itu terdapat beberapa tombol yang berfungsi untuk mengendalikan gerakan-gerakan eksoskeleton.

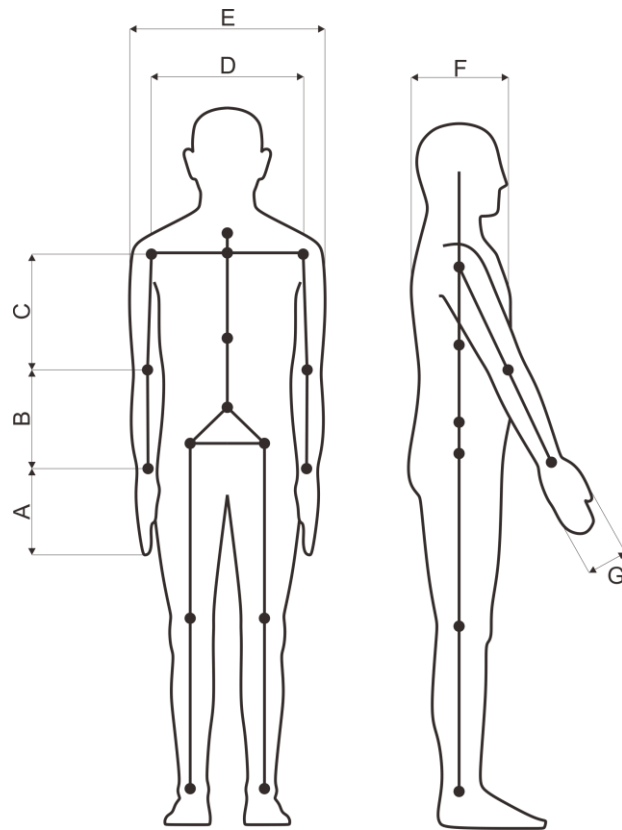
4.12 Studi Antropometri

a. Tujuan

Studi antropometri dilakukan untuk mengetahui ukuran dari tubuh manusia khususnya tubuh bagian atas sehingga data ukuran yang didapat akan mempengaruhi bentuk dan dimensi dari eksoskeleton.

b. Pembahasan

Data acuan ukuran antropometri kaki manusia yang dipakai yaitu berdasarkan antropometriindonesia.org dan literatur Hendry Dreyfuss.



Gambar 28 Dimensi Antropometri

Keterangan :

A : Panjang Tangan

B : Panjang Lengan Bawah

C : Panjang Lengan Atas

D : Lebar Bahu Bagian Atas

E : Lebar Sisi Bahu

F : Tebal Dada

G : Lebar Tangan

Berikut ini adalah dimensi ukuran diatas menurut antropometriindonesia.org.

Tabel 14 Ukuran Antropometri

Keterangan	5 %tile	50 %tile	95 %tile
A	10.41	12.05	13.7
B	43.73	45.38	47.02
C	32.13	33.77	35.42
D	34.21	35.86	37.5
E	42.22	43.86	45.51
F	19.74	21.38	23.03
G	10.41	12.05	13.7

Dan berikut ini adalah dimensi ukuran menurut Dreyfuss.

Tabel 15 Ukuran Antropometri

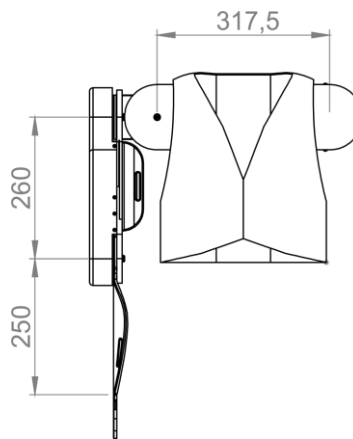
Keterangan	5 %tile	50 %tile	95 %tile
A	17.27	19.3	20.83
B	23.88	25.15	26.67
C	26.16	28.19	30.48
D	31.75	35	38.6
E	41.15	45.47	50.29
F	19.56	22.86	27.18
G	9.4	10.41	11.43

Pada tabel data diatas, dipilih beberapa parameter ukuran yang sesuai dengan cakupan desain yaitu pada area tungkai atas / lengan. Ukuran antropometri yang dipilih adalah ukuran manusia berjenis kelamin laki-laki, hal ini dikarenakan jumlah pasien strok laki-laki lebih banyak daripada perempuan.

c. Kesimpulan

Pada kedua sumber yang berbeda, terdapat beberapa perbedaan dimensi/ukuran manusia. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor misalkan ras, kondisi internal dll. Namun studi antropometri ini lebih mengacu pada data antropometri dari Dreyfuss, hal ini dikarenakan parameter pengukuran yang lebih lengkap. Produk eksoskeleton menggunakan beberapa ukuran persentile bergantung pada titik kritis pasien.

Titik kritis pada pasien berada di pergelangan tangan, siku, dan Bahu. Maka ukuran yang perlu diperhatikan adalah ukuran B, C, dan D. Pada ukuran B menggunakan ukuran 50%tile hal ini dikarenakan perbedaan ukuran yang tidak terlalu jauh. Untuk ukuran C dan D menggunakan sistem adjustable untuk mencakup semua ukuran. Untuk ukuran terpanjang menggunakan 95%tile dan untuk ukuran terpendek menggunakan 5%tile.



Gambar 29 Penerapan Data Antropometri pada Produk

4.13 Analisis Aspek Teknologi

a. Tujuan

Untuk mengetahui apakah teknologi yang digunakan bisa berfungsi dan juga bisa diaplikasikan ke dalam desain *upper limb* eksoskeleton.

b. Pembahasan

1. Motor Servo

Motor servo yang digunakan adalah Dynamixel tipe MX-106T. Dan berikut adalah spesifikasi dari motor servo Dynamixel MX-106T.

Tabel 16 Spesifikasi Motor Servo

Operating Voltage	14.8 V	12 V	11.1 V
Stall Torque	10.0 N.m	8.4 N.m	8.0 N.m
No-load Speed	55 RPM	45 RPM	41 RPM
Weight	153 g		
Size	40.2 x 65.1 x 46 mm		
Operating Angle	360° or Continous Turn		
Operating Temp	-5°C ~ 85°C		
Material	Metal Gears & Engineering Plastic Body		
Motor	Maxon RE-MAX		



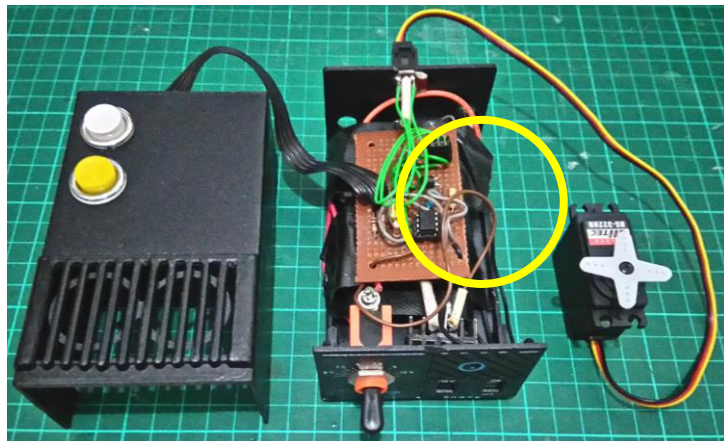
Gambar 30 Motor Servo Dynamixel MX-106T



Gambar 31 Penggunaan motor servo di eksoskeleton

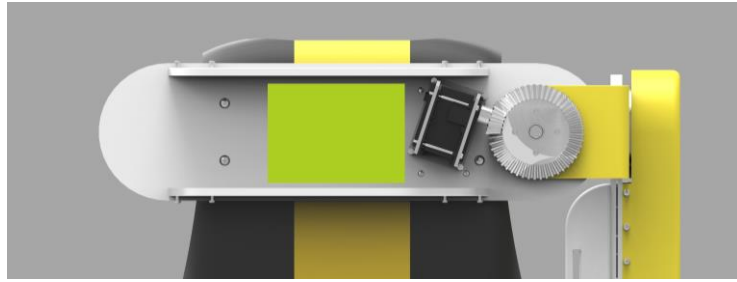
2. Driver

Driver dalam hal ini digunakan sebagai perantara antara kontroler dan motor servo. Dalam hal ini driver lah yang mengatur kecepatan dan juga sudut putar motor servo. Jika tombol kontroler ditekan maka driver akan menyalurkan ke motor servo mana yang akan digerakkan.



Gambar 32 Percobaan menggunakan driver untuk menggerakkan servo

Driver eksoskeleton diletakkan dibagian punggung, hal ini dimaksudkan agar tidak mengganggu kegiatan rehabilitasi. Berikut adalah penerapan konfigurasi atau peletakan dari driver eksoskeleton.

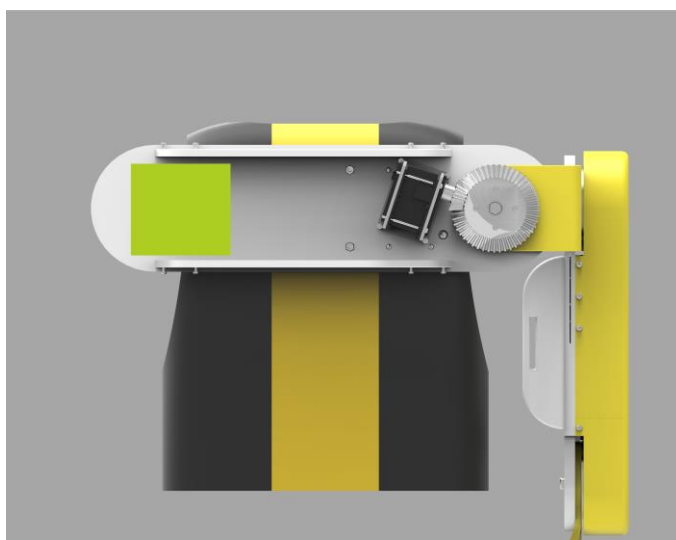


Gambar 33 Konfigurasi driver di eksoskeleton

3. Baterai

Baterai merupakan sumber daya untuk menggerakkan eksoskeleton. Baterai yang diperlukan harus bisa memenuhi kegiatan rehabilitasi selama 1-2 jam dan juga memiliki ukuran yang tidak terlalu besar dan berat agar tidak memberatkan pasien pada saat menggunakan eksoskeleton.

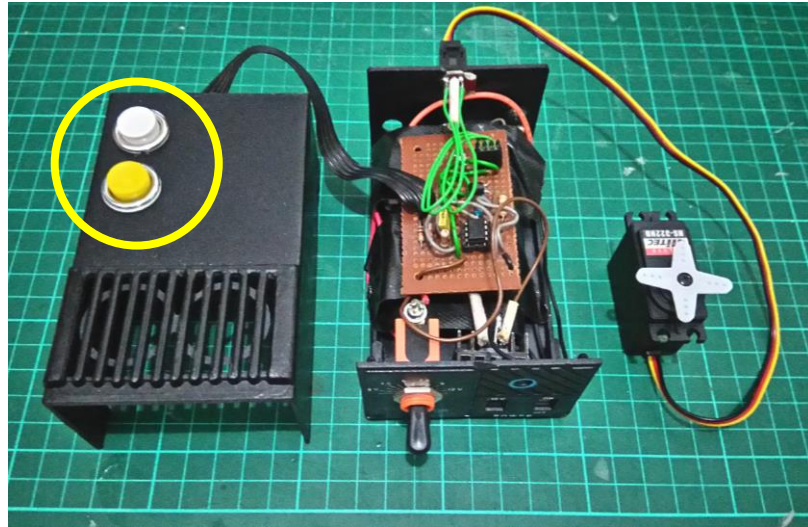
Baterai yang digunakan mengacu pada produk eksoskeleton yang sudah ada yaitu Hyundai H-Mex. Baterai yang digunakan berjenis baterai *Li-ion removeable*. Baterai yang digunakan memiliki kapasitas baterai sebesar 222 Wh yang diklaim dapat menggerakkan eksoskeleton selama 4 jam. Dan berikut adalah konfigurasi peletakan baterai pada eksoskeleton.



Gambar 34 Konfigurasi baterai

4. Button Controller

Untuk pengontrolan eksoskeleton digunakan tipe kontroler dengan tipe button. Kontroler dengan tipe button dianggap lebih mudah untuk dipahami oleh pasien saat mengoperasikan eksoskeleton.



Gambar 35 Percobaan menggunakan button untuk menggerakkan servo

c. Kesimpulan

Button kontroler dapat digunakan untuk mengendalikan gerakan eksoskeleton dan driver diperlukan untuk menggerakkan motor servo. Jika tanpa driver maka motor servo tidak akan bergerak. Konfigurasi baterai dan driver diletakkan dibagian punggung.

4.14 Analisis Struktur dan Material

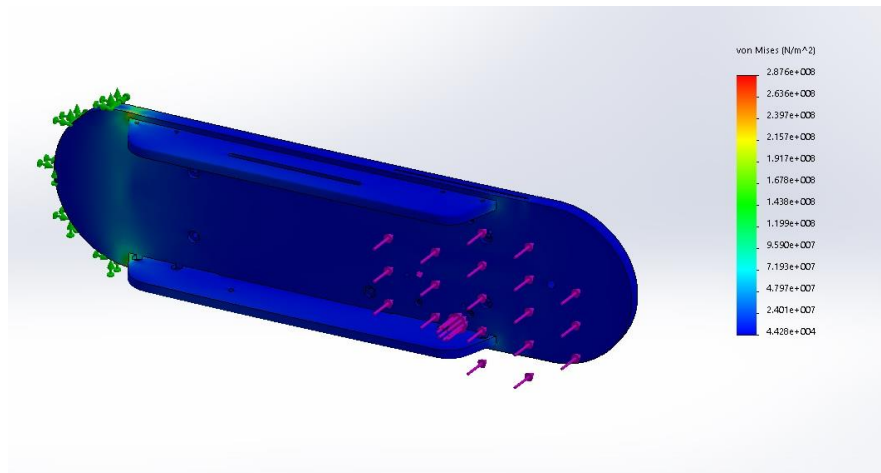
d. Tujuan

Mengetahui dan mengevaluasi kekuatan struktur dan material pada desain eksoskeleton.

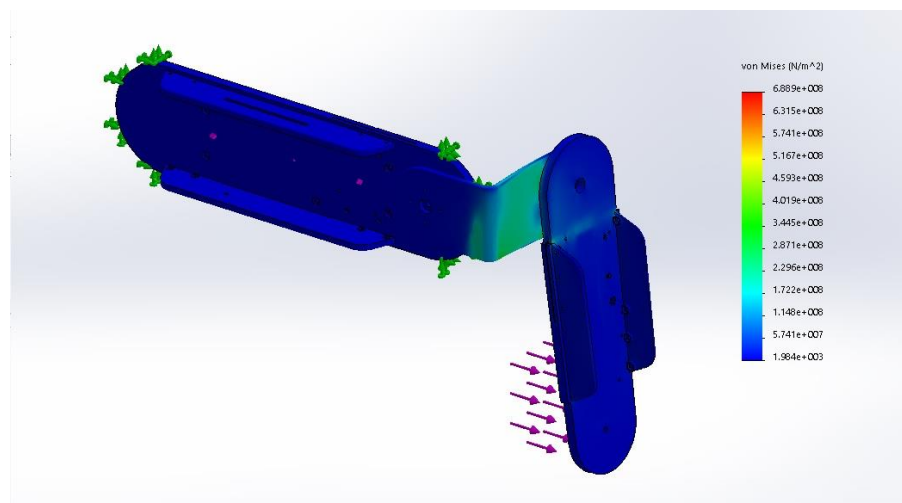
e. Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban statis pada eksoskeleton. Gaya yang diberikan disesuaikan dengan area dan arah gerakan pasien. Simulasi dilakukan dengan software Solidworks.

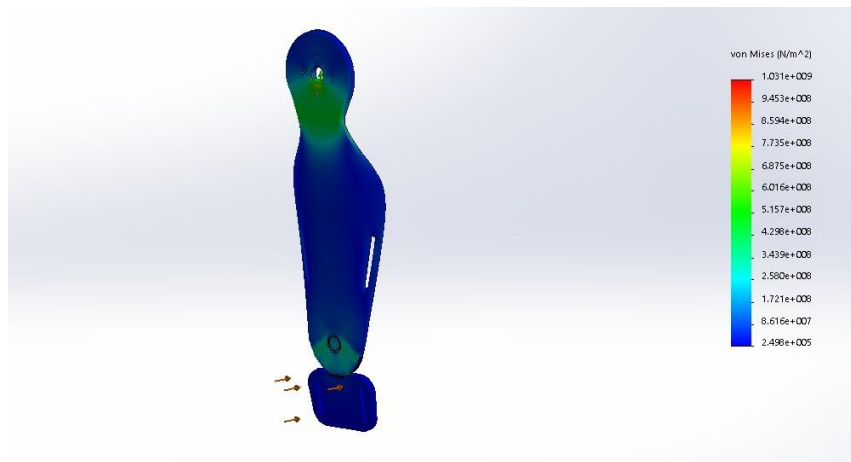
Part yang disimulasi adalah kerangka eksoskeleton bagian punggung, frame penghubung, kerangka bagian lengan atas, dan lengan bawah eksoskeleton. Berikut adalah hasil dari simulasi yang diberi gaya sebesar 600 N.



Gambar 36 Simulai bagian kerangka punggung



Gambar 37 Simulasi bagian kerangka punggung sampai lengan atas

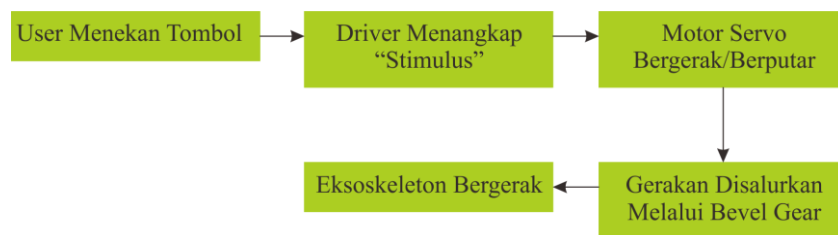


Gambar 38 Simulasi lengan bawah

f. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil simulasi diatas, pada bagian yang berwarna hijau kerangka hanya mengalami deformasi.
- Frame penghubung dan lengan bawah merupakan bagian yang paling kritis hal ini dikarenakan kedua part tersebut memiliki area berwarna hijau yang paling banyak dibandingkan dengan part yang lain dan diperlukan perbaikan desain yang dapat berupa penambahan ketebalan.

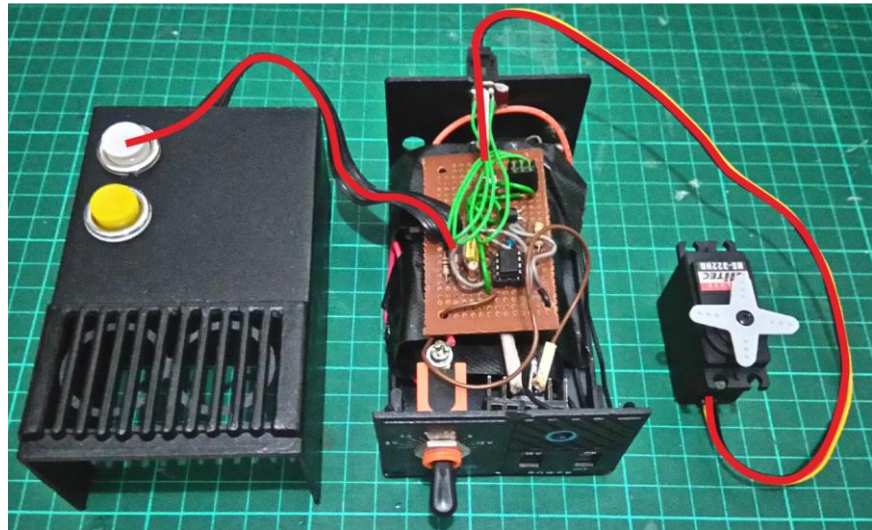
4.15 Analisis Mekanisme



Gambar 39 Diagram mekanisme penggunaan eksoskeleton

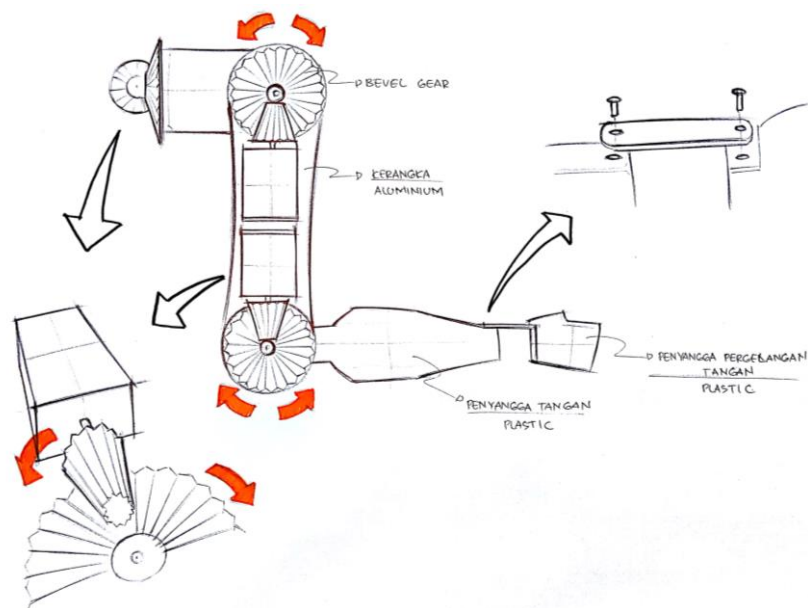
Mekanisme untuk menggerakkan eksoskeleton secara sederhana tergambarkan pada diagram diatas. Awalnya user menghidupkan eksoskeleton dengan menekan tombol power yang berada di kontroler. Kemudian user menekan tombol sesuai

gerakan yang diinginkan lalu driver akan menangkap motor mana yang harus digerakkan. Dan kemudian motor servo akan berputar.



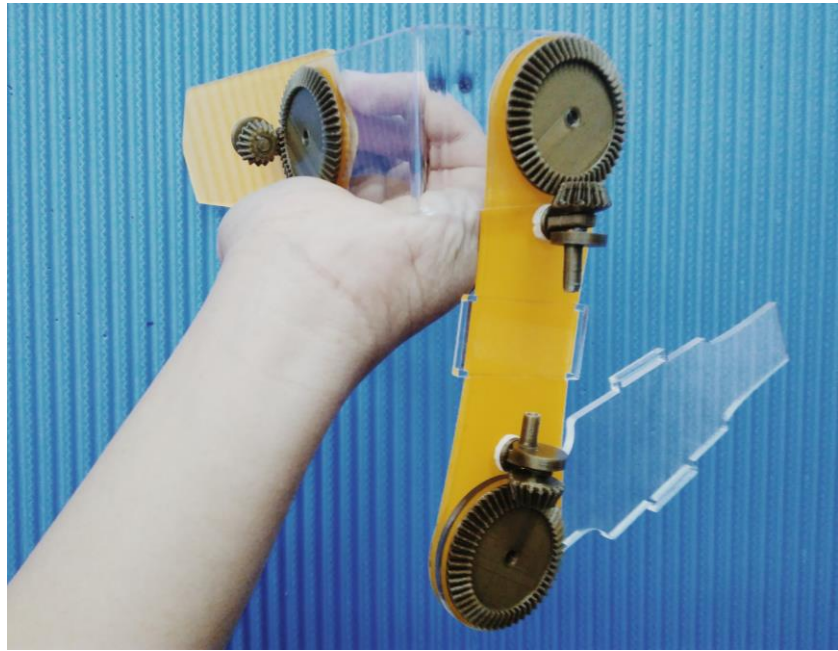
Gambar 40 Percobaan Mekanisme penggunaan eksoskeleton

Lalu putaran akan diteruskan dari servo ke rangka eksoskeleton melalui bevel gear yang nantinya mengakibatkan eksoskeleton bergerak sesuai dengan gerakan yang diinginkan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 41 Sketsa mekanisme eksoskeleton

Analisis mekanisme gerakan juga dilakukan untuk mencoba apakah gerakan dari putaran motor servo dapat tersalurkan dengan baik dan dapat menggerakkan eksoskeleton. Hasil dari analisis mekanisme gerakan adalah mekanisme ini dapat berfungsi dengan baik dan dapat diterapkan.



Gambar 42 Studi mekanisme eksoskeleton dengan model skala 1 : 2

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

HASIL DESAIN DAN PEMBAHASAN

5.1. Implementasi Desain Konsep



Gambar 43 Eksoskeleton yang disesuaikan dengan konsep desain

Compact :

- *Lightweight*

Eksoskeleton sebagian besar menggunakan material yang ringan seperti menggunakan material aluminium, plastik, kain, dll. Meskipun menggunakan material yang ringan hal ini tentunya tidak mengurangi kekuatan dari eksoskeleton.

- *Small*

Produk eksoskeleton memiliki ukuran yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan produk eksoskeleton yang digunakan untuk rehabilitasi dengan DoF yang sama.

- *Mobile*

Produk mudah untuk dibawa atau digunakan kemanapun dan dimanapun sesuai keinginan user karena produk memiliki bobot yang ringan dan juga terdapat rompi yang memudahkan user untuk menggunakan eksoskeleton.

Easy to Use

- *Easy to wear*

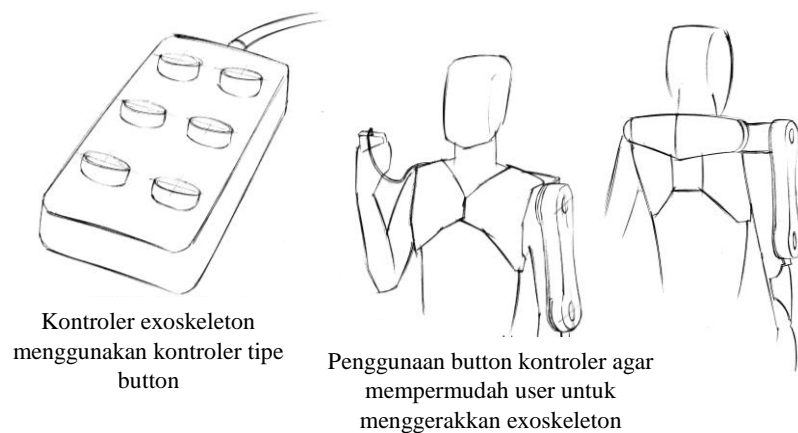
Produk mudah untuk dikenakan oleh user karena menggunakan velcro untuk mengaitkan eksoskeleton ke tangan dan juga menggunakan rompi sebagai pengait ke tubuh.

- *Easy to operate*

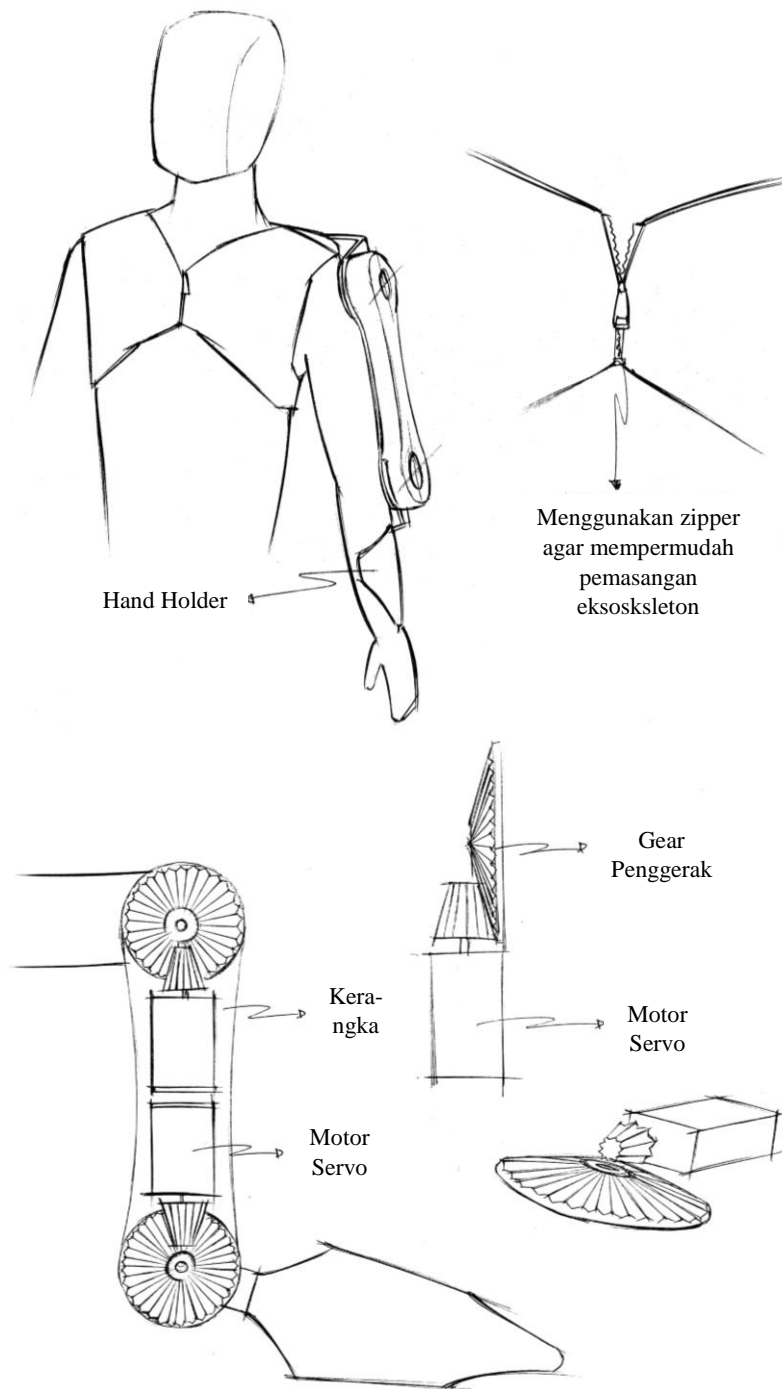
Produk mudah untuk dioperasikan sendiri oleh user atau orang disekitarnya. Hal ini dikarenakan produk menggunakan kontroler berupa tombol. Pengguna hanya perlu menekan tombol power dan juga menekan tombol untuk memilih gerakan mana yang akan dilakukan.

5.2. Alternatif Desain

5.2.1 Alternatif 1

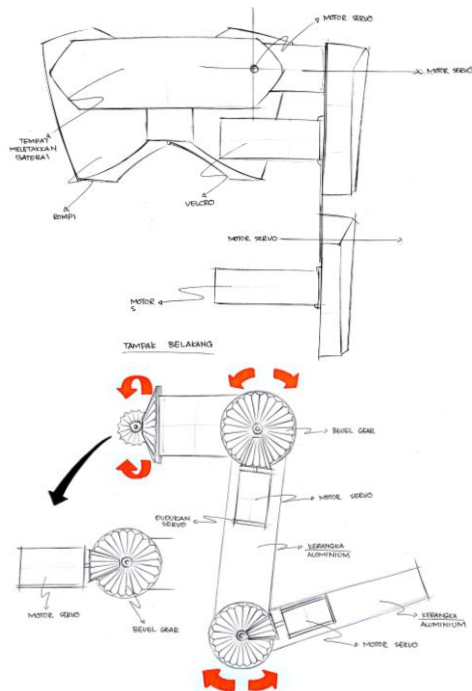
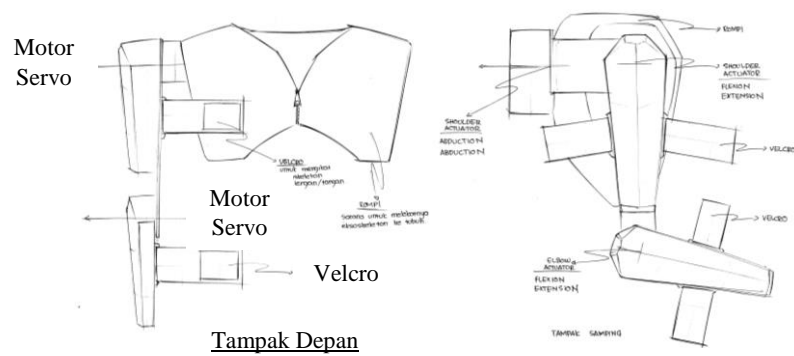
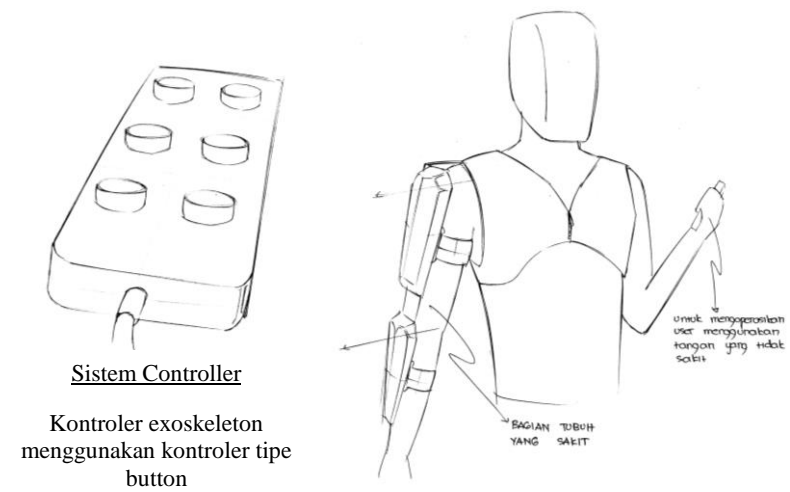


Gambar 44 Sketsa Alternatif 1



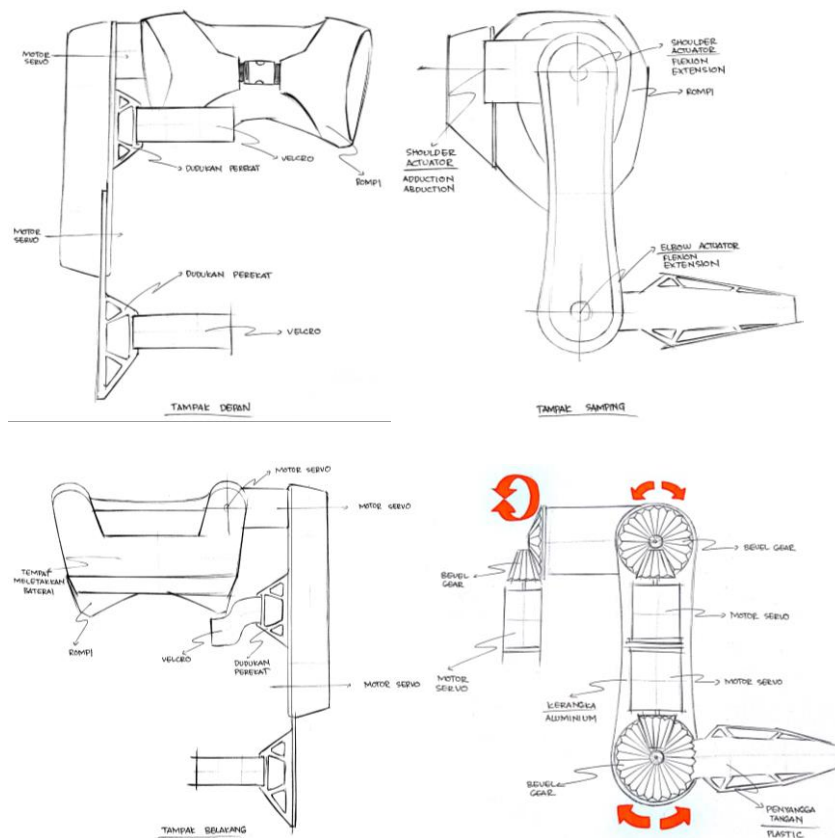
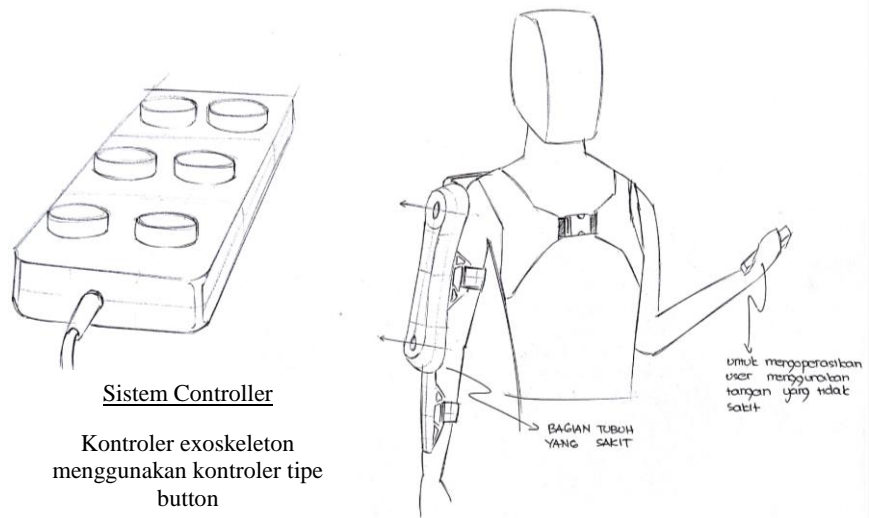
Gambar 45 Sketsa Alternatif 1

5.2.2 Alternatif 2



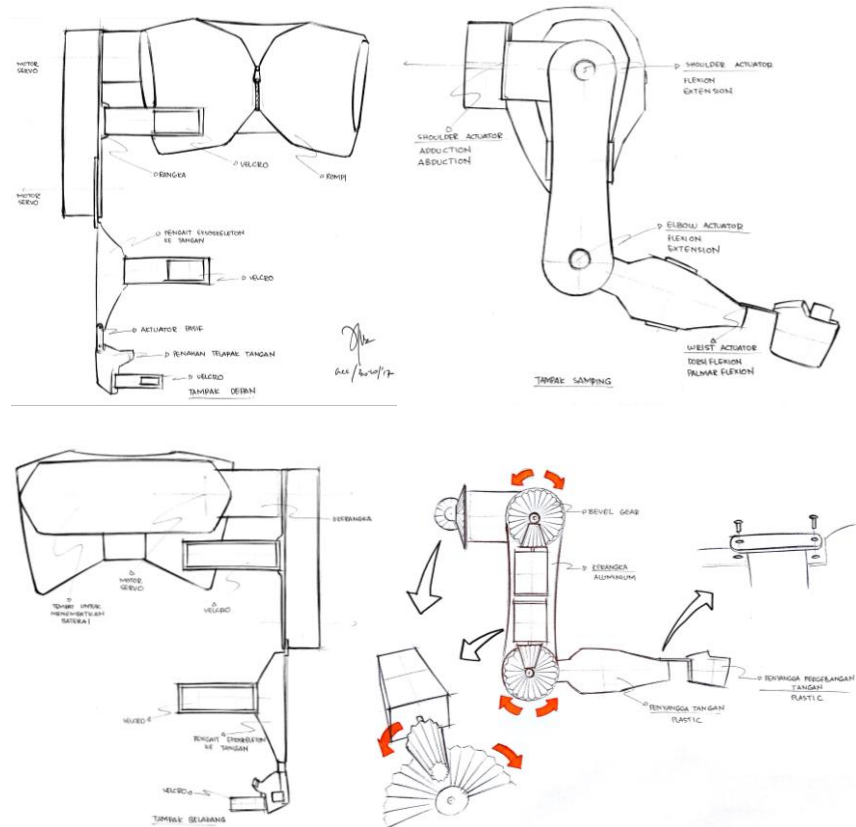
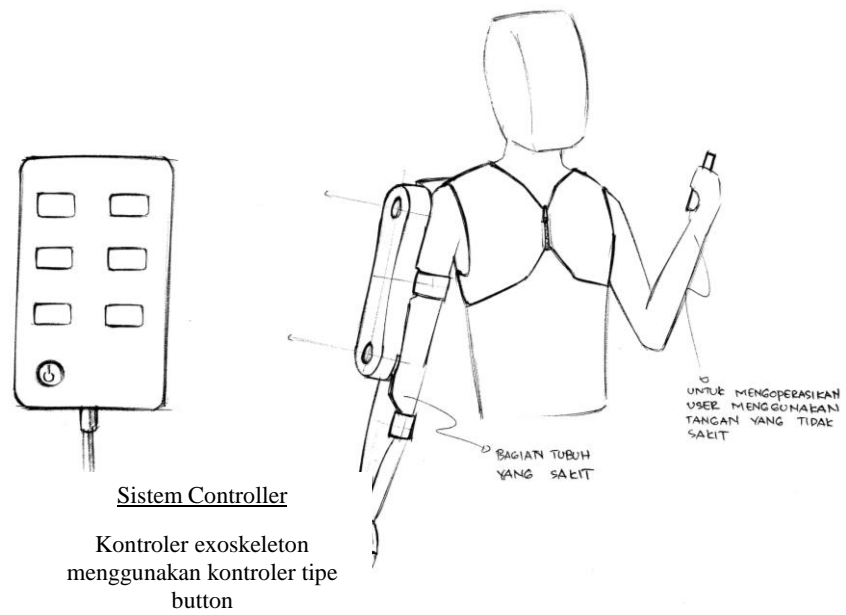
Gambar 46 Sketsa Alternatif 2

5.2.3 Alternatif 3



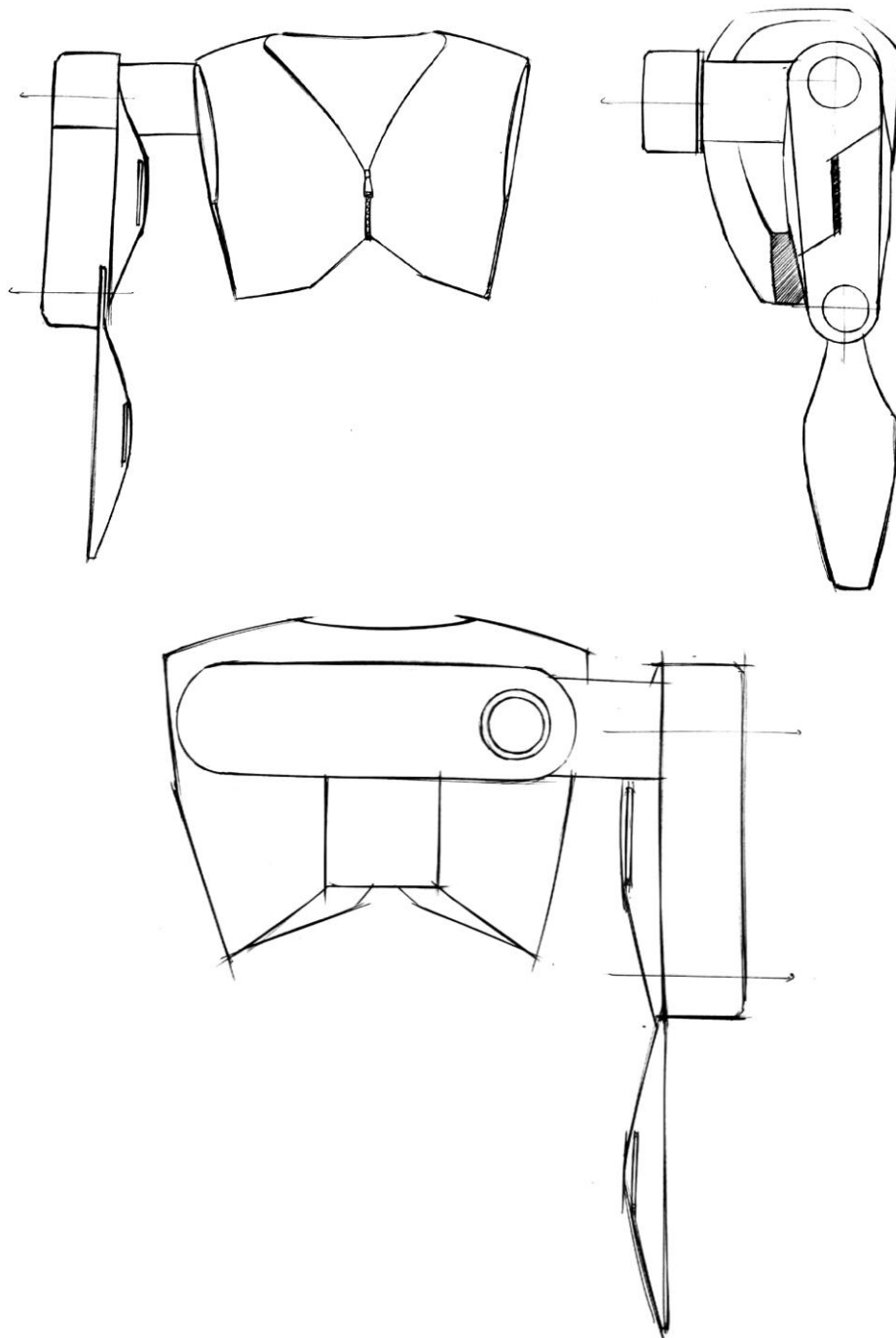
Gambar 47 Sketsa Alternatif 3

5.2.4 Alternatif 4

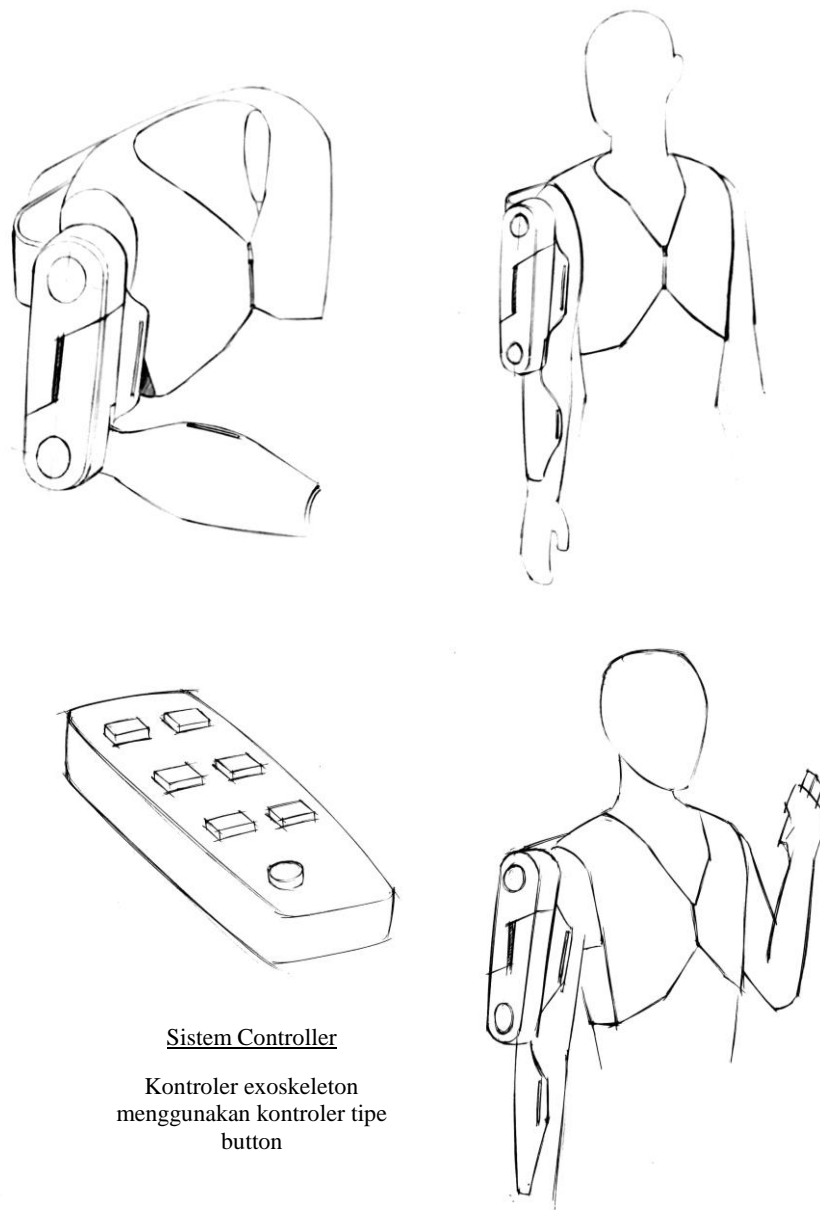


Gambar 48 Sketsa Alternatif 4

5.2.5 Alternatif 5



Gambar 49 Sketsa Alternatif 5

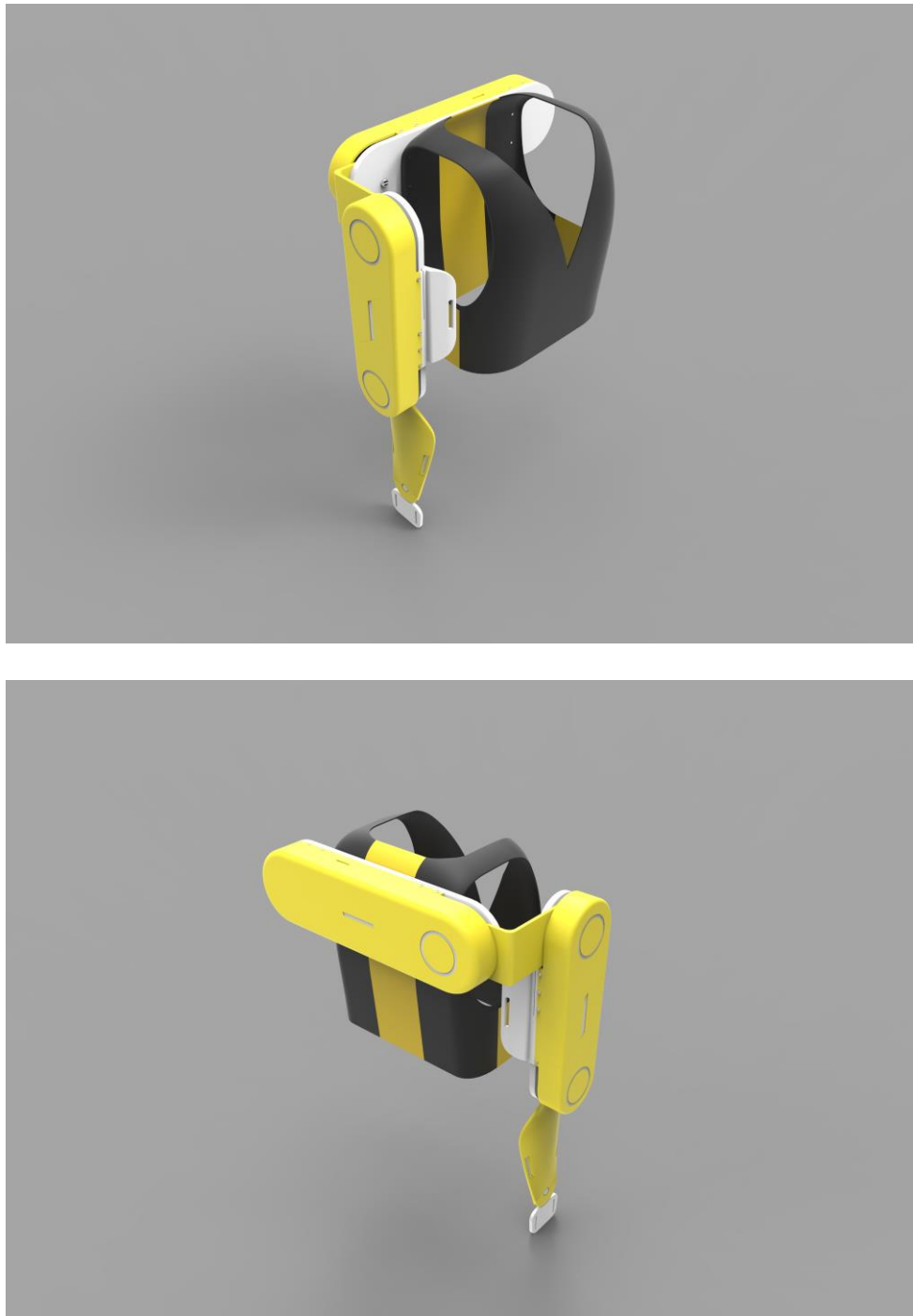


Sistem Controller

Kontroler exoskeleton
menggunakan kontroler tipe
button

Gambar 50 Sketsa alternatif 5

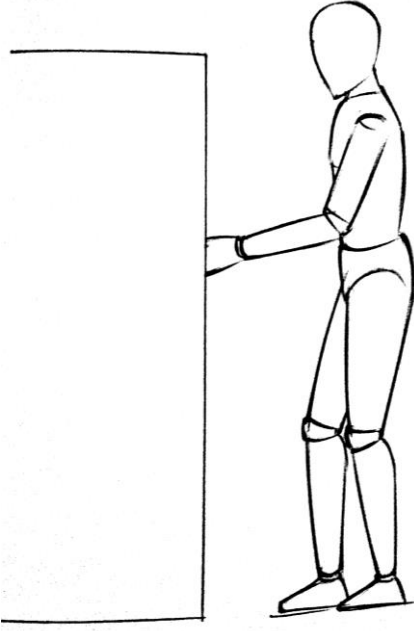
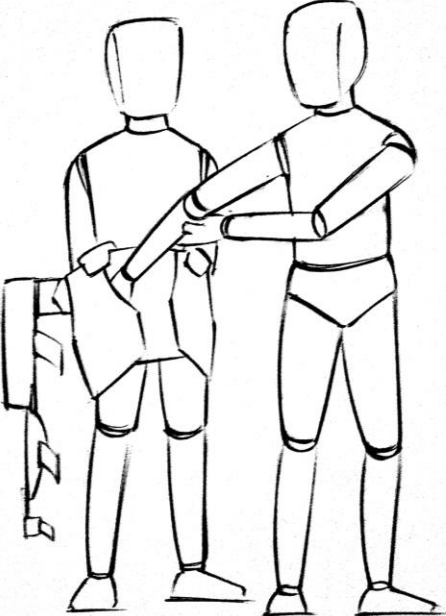
5.3. Desain Final

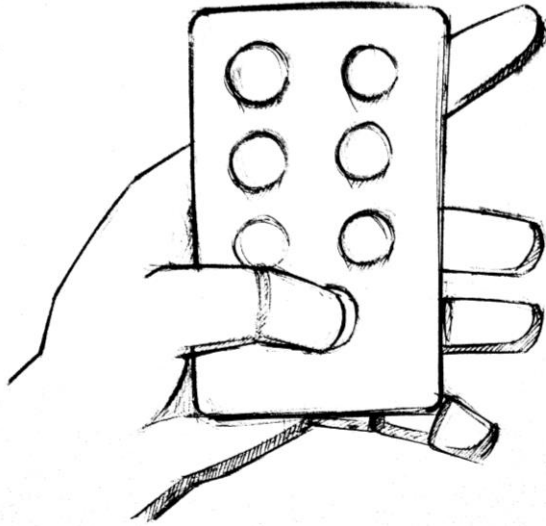
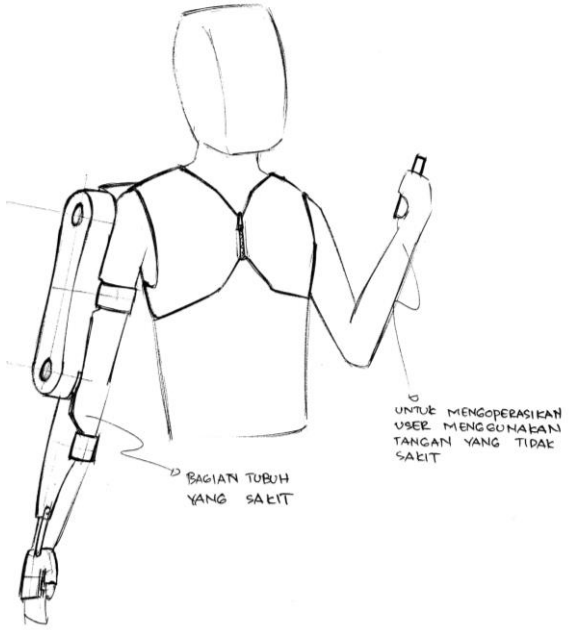


Gambar 51 Desain Terpilih

5.4. Gambar Operasional




Tabel 17 Operasional Produk

No	Gambar	Keterangan
1		<p>Anggota keluarga user atau user mengambil eksoskeleton di tempat penyimpanan di rumah.</p>
2		<p>Anggota keluarga turut andil dalam pemasangan eksoskeleton mulai dari memasang rompi hingga mengaitkan velcro di tangan.</p>

No	Gambar	Keterangan
3		<p>User menekan tombol power untuk menghidupkan eksoskeleton melalui kontroler.</p>
4		<p>User menggerakkan gerakan eksoskeleton melalui kontroler yang dioperasikan dengan tangan yang sehat.</p>

5.5. Usability Test

Tabel 18 Hasil Usability Test

Gambar	Keterangan
	<p>Evaluasi :</p> <p>Rasio gear yang terlalu kecil menyebabkan putaran servo menjadi kecil. Servo yang digunakan memiliki putaran 300° dan rasio gear yang digunakan adalah 1 : 3 maka gerakan yang dihasilkan tidak sampai 90°.</p> <p>Solusi :</p> <p>Menggunakan rasio gear yang lebih besar sehingga gerakan eksoskeleton lebih besar.</p>
	<p>Evaluasi :</p> <p>Gerakan adduksi - abduksi merupakan gerakan yang paling berat dikarenakan gerakan ini menopang lengan atas dan lengan bawah pasien sehingga rawan patah.</p> <p>Solusi :</p> <p>Menambah ketebalan rangka penghubung atau mengganti material rangka dengan aluminium.</p> 

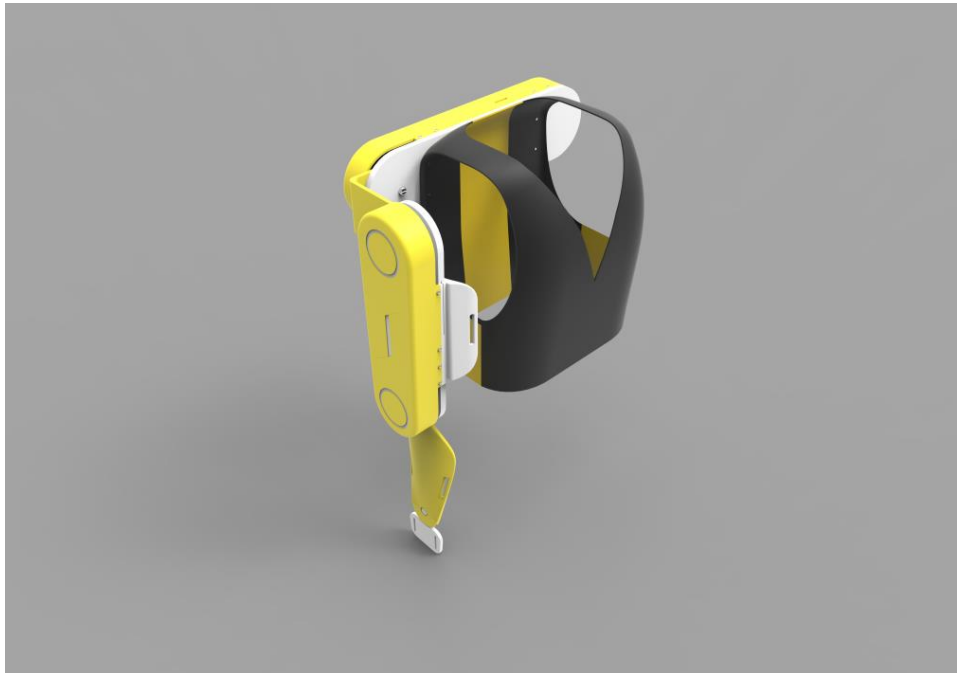
Gambar	Keterangan
	<p>Evaluasi :</p> <p>Dudukan servo rawan lepas pada saat dioperasikan hal ini dikarenakan kurangnya kuncian antara dudukan servo bawah dan atas.</p> <p>Solusi :</p> <p>Menambahkan kuncian pada dudukan servo.</p> 

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN

6.1. Kriteria Desain



Gambar 52 Desain terpilih

Spesifikasi :

Tabel 19 Spesifikasi Eksoskeleton

Dimensi (p x l x t) (mm)	501,5 x 245 x 650
Jumlah DoF	4 DoF
DoF yang di gerakkan	Bahu, siku, dan pergelangan tangan
Nama gerak DoF	<i>Extension-Flexion (shoulder)</i> <i>Abduction-Adduction (shoulder)</i> <i>Extension-Flexion (elbow)</i> <i>Ulnar deviation-Radial deviation (wrist)</i>

Kontroler	<i>Button</i>
Tipe aktuator	Motor Servo
Jumlah aktuator	3
Material	Aluminium dan Plastik
Berat	3,5 Kg

6.2. Harga

Tabel 20 Harga Produksi

No	Komponen	Total
1	Desain	5.000.000
2	Servomotor	21.000.000
3	Material	2.500.000
4	Baterai	500.000
5	Perkabelan	500.000
6	Aksesoris	500.000
Total		30.000.000

Berdasarkan tabel diatas diperoleh bahwa harga produksi untuk membuat eksoskeleton adalah Rp 30.000.000 kemudian untuk menentukan harga jual eksoskeleton adalah harga produksi ditambah dengan margin sebesar 20% maka harga jual produk adalah $\text{Rp } 30.000.000 + \text{Rp } 6.000.000 = \text{Rp } 36.000.000$. Harga tersebut jauh lebih murah dibandingkan dengan produk kompetitor yang memiliki jumlah DoF yang sama namun hanya memiliki 1 aktuator aktif. Harga produk kompetitor adalah \$ 85.000 jika dirupiahkan mencapai Rp 1.000.000.000 lebih.

6.3. Kesimpulan

- Eksoskeleton memiliki ukuran dan berat yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan eksoskeleton yang bertipe statis. Eksoskeleton memiliki dimensi 501,5 x 245 x 650. Eksoskeleton juga memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan eksoskeleton yang bertipe statis. Eksoskeleton yang didesain memiliki bobot 3,5 Kg dan ini mereduksi berat sekitar 95% bobot eksoskeleton bertipe statis.
- Eksoskeleton memiliki pengontrolan yang lebih mudah dioperasikan sendiri oleh pasien karena kontroler eksoskeleton berupa *remote control*.
- Pasien bisa melakukan rehabilitasi dengan durasi dan juga intensitas yang sesuai dengan keinginan pasien hal ini dikarenakan eksoskeleton bisa digunakan di rumah pasien tanpa harus ke tempat rehabilitasi atau rumah sakit untuk terapi.

6.4. Saran

- Bentuk dari eksoskeleton masih bisa dieksplorasi lebih baik lagi.
- Kontroler bisa menggunakan *wireless* atau menggunakan *Bluetooth* agar mengurangi kabel yang menyulitkan pada saat menggunakan atau memakai eksoskeleton.
- Jumlah gerakan bisa ditambahkan agar gerakan eksoskeleton lebih luwes.
- Sistem *adjustable* yang bisa lebih mudah untuk digunakan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, M.B, Dobkin and J, Bogousslavsky. 2005. *Recovery after Stroke*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Brass, L. 1992. *Stroke. School of Medicine Heart Book*. New York : Yale University School of Medicine.
- C, Albert Lo, M.D., Ph.D. D, Peter Guarino, M.P.H., Ph.D., G, Lorie Richards. 2010. Robot-Assisted Therapy for Long-Term Upper-Limb Impairment after Stroke. *New England Journal of Medicine*. 362(19) : 1772-1783
- Gaponov, Igor. 2017. Auxilio: A Portable Cable-Driven Exosuit for Upper Extremity Assistance. *International Journal of Control Automation and Systems* : 1-12
- Kiguchi, Kazuo dan Hayashi, Yoshiaki. 2012. An EMG-Based Control for an Upper-Limb Power-Assist Exoskeleton Robot. *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part B: Cybernetics*. 42(4) : 1083-4419
- Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JW, Lankhorst GJ, Koetsier JC. 1999. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet*. 354 (9174) : 191–196
- P. Rosiana Wirawan. 2009. Rehabilitasi Stroke pada Pelayanan Kesehatan Primer. *SMF Rehabilitasi Medis RS Fatmawati*. 59(2) : 61-71
- Restrepo-Zapata, Julio. 2017. Two-Degree Adjustable Eksoskeleton For Assistance Of The Human Arm Using A Mechanical System Of Fast Assembly And Upgradability. *International Journal On Smart Sensing And Intelligent Systems*. 10(3) : 491-505
- Song, Zhibin, Guo, Shuxiang, Pang, Muye, Zhang, Songyuan, Xiao, Nan, Gao, Baofeng, dan Shi, Liwei . 2013. Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Exoskeleton Rehabilitation Device for Elbow Joint. *Journal of Medical and Biological Engineering*. 34(2) : 188-196
- Widiyanto. 2009. *Terapi Gerak Bagi Penderita Stroke*. Yogyakarta (ID) : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Y, Bastian. D. 2011. *Rehabilitasi Stroke*. Depok : RS. Mitra Keluarga.
- Yu, Seong-Hun. 2013. The Effects of Core Stability Strength Exercise on Muscle Activity and Trunk Impairment Scale in Stroke Patients. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 9(3) : 362-367

INTERNET :

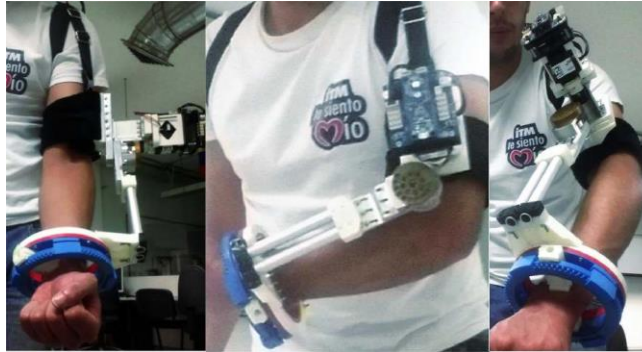
<http://www.smartpatient.ha.org.hk> diakses pada Desember 2017

World Health Organization diakses pada Desember 2017

<http://www.antropometriindonesia.org> diakses pada Desember 2017

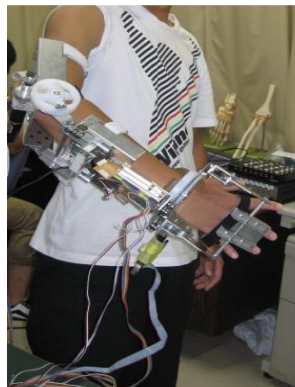
<http://zoniaelektro.net> / diakses pada Desember 2017

LAMPIRAN



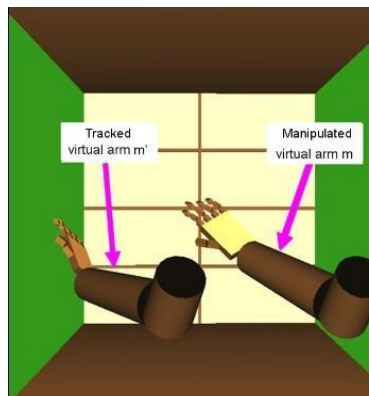
Lampiran 1 Eksoskeleton yang dapat disesuaikan dengan ukuran tangan

(sumber : Two-Degree Adjustable Exoskeleton For Assistance Of The Human Arm Using A Mechanical System Of Fast Assembly And Upgradability)



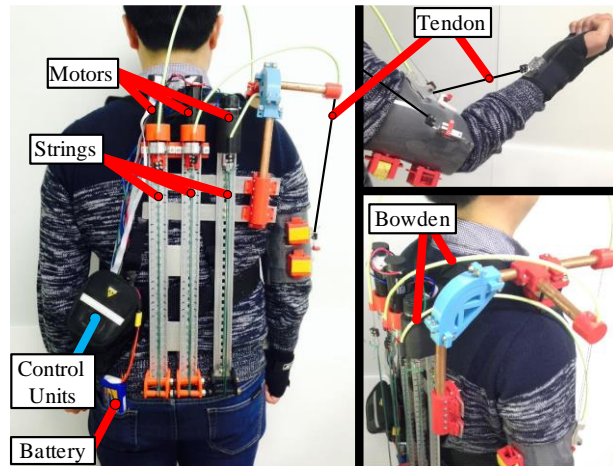
Lampiran 2 Upper Limb Eksoskeleton Rehabilitation Device (ULERD)

(sumber : Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Exoskeleton Rehabilitation Device for Elbow Joint)



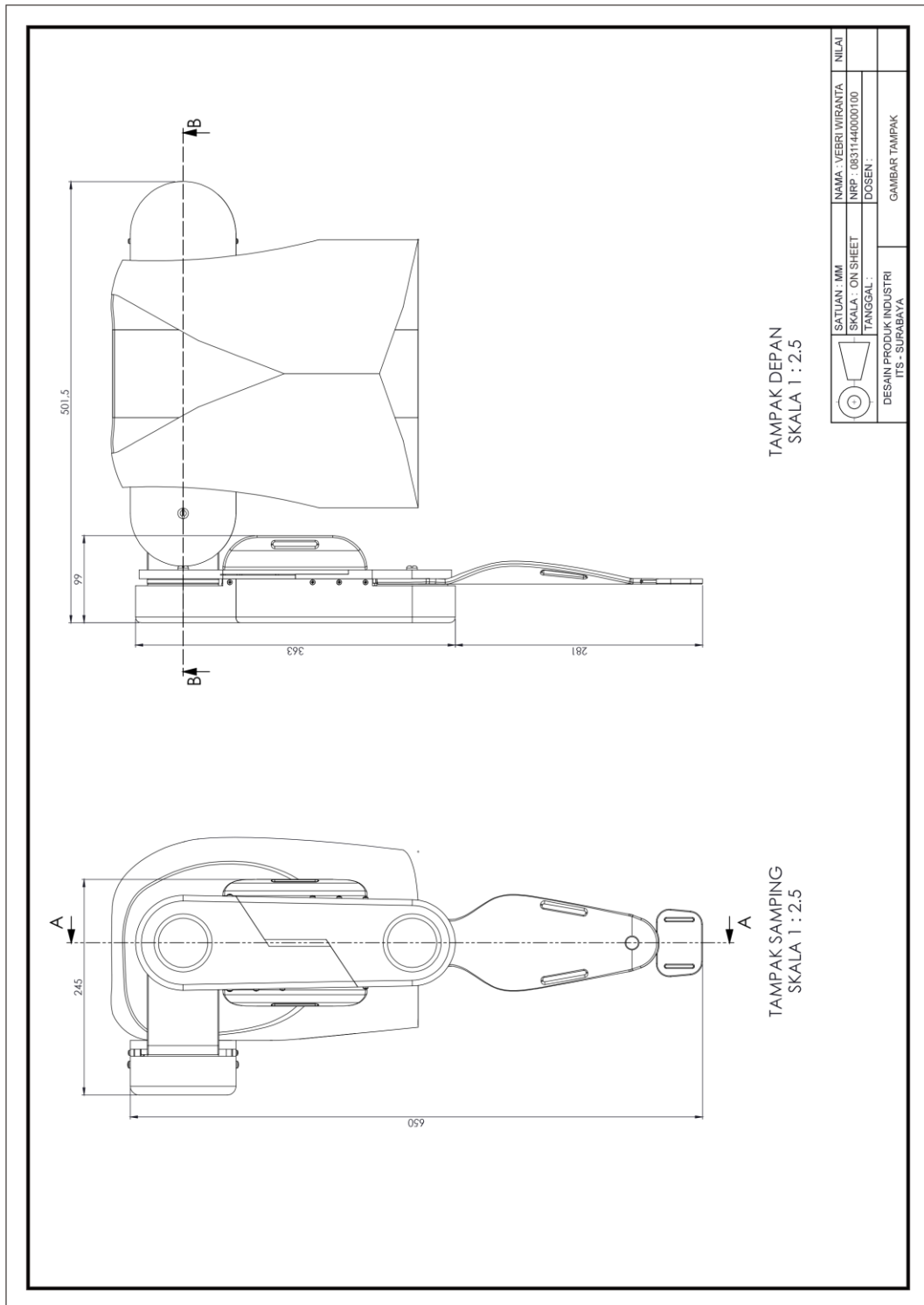
Lampiran 3 Virtual Environment

(sumber : Implementation of Resistance Training Using an Upper-Limb Exoskeleton Rehabilitation Device for Elbow Joint)

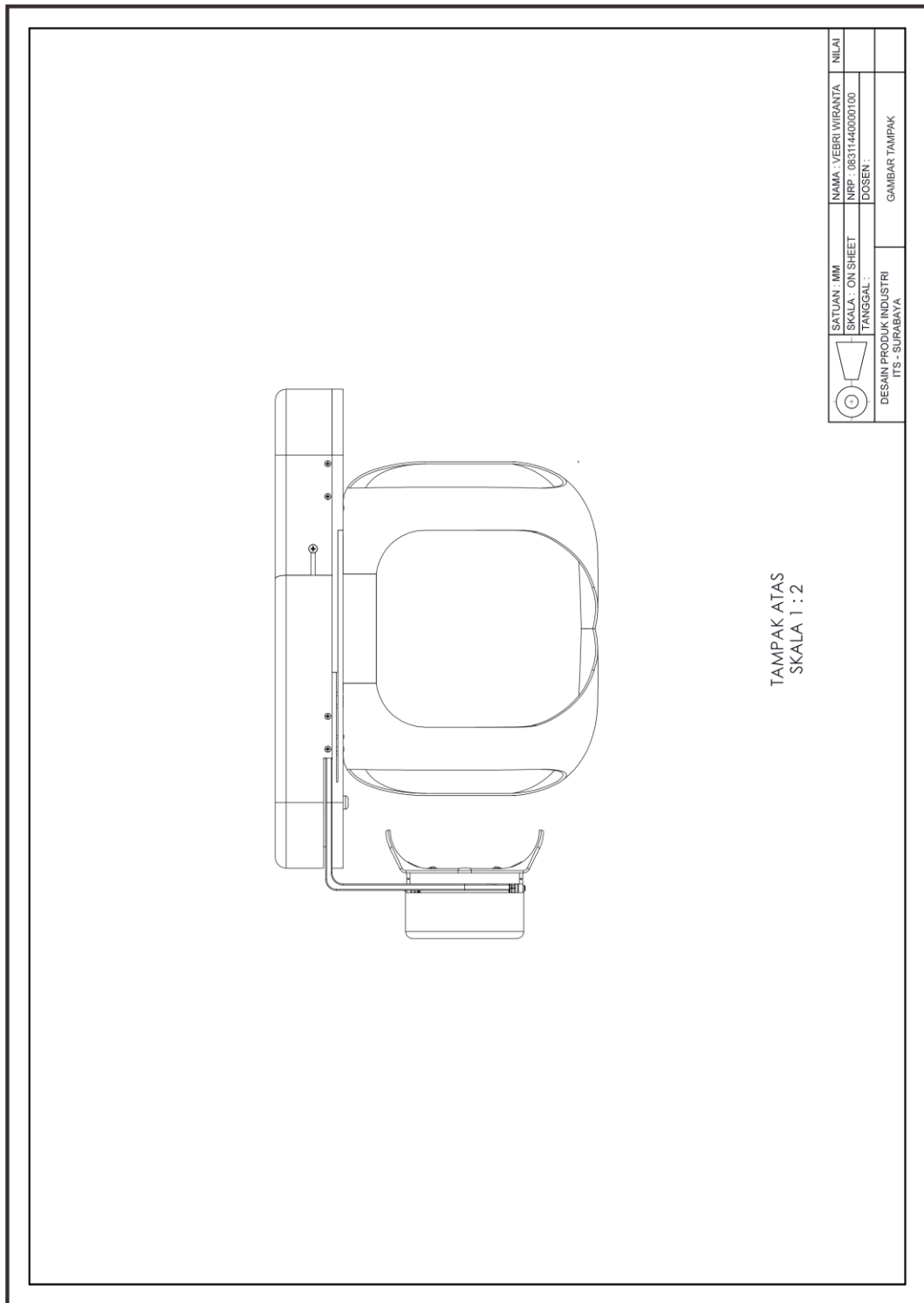


Lampiran 4 Bagian-bagian dari Auxilio

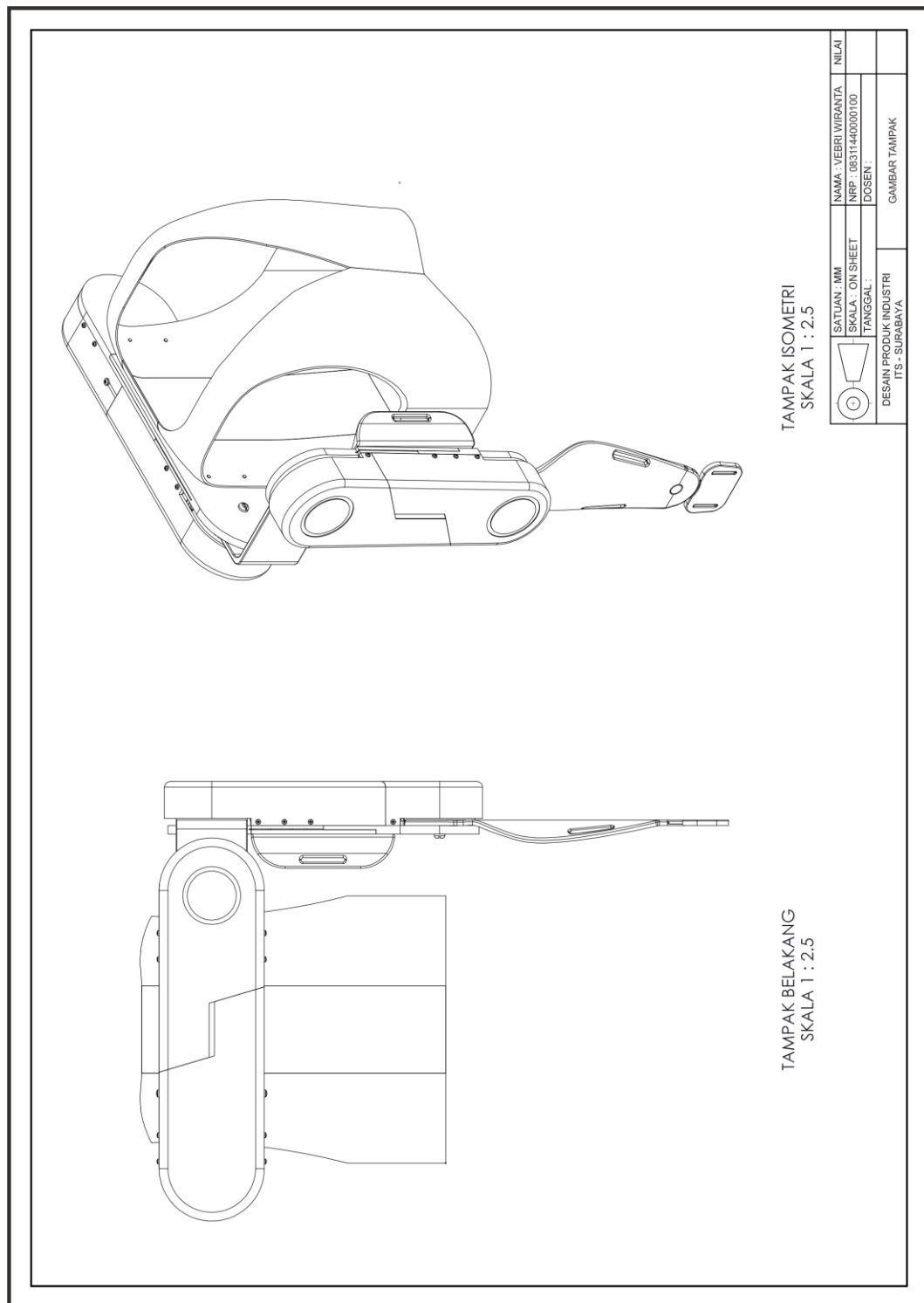
(sumber : Auxilio: A Portable Cable-Driven Exosuit for Upper Extremity Assistance)



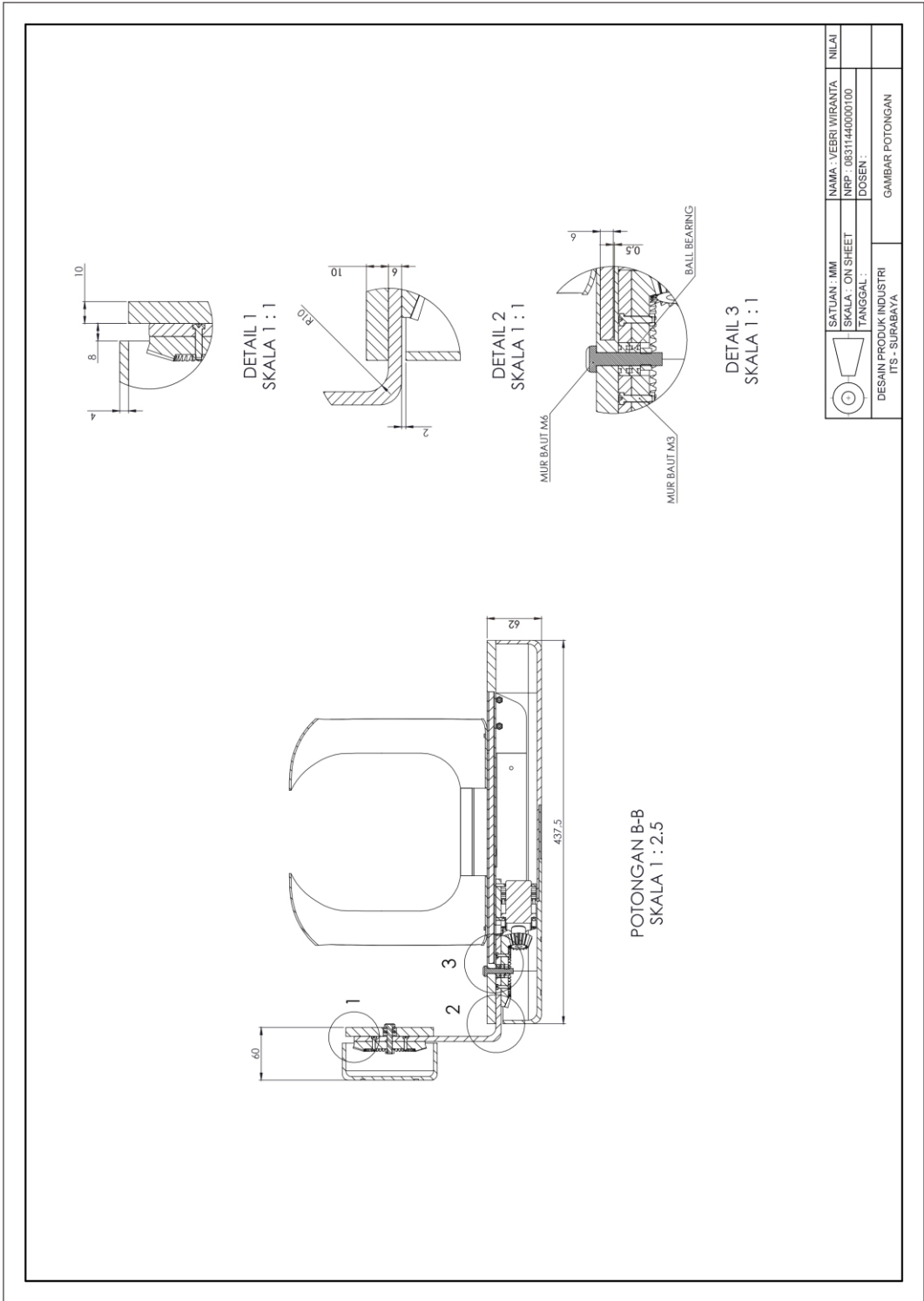
Lampiran 5 Gambar Tampak



Lampiran 6 Gambar Tampak (2)



Lampiran 7 Gambar Tampak (3)



SATUAN : MM	NAMA : YEBRI WIRANTA	NILAI
SKALA : ON SHEET	NRP : 083144000100	
TANGGAL :	DOSEN :	
DESAIN PRODUK INDUSTRI	GAMBAR POTONGAN	
ITS - SURABAYA		

Lampiran 9 Gambar Potongan (2)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Vebri Wiranta. Penulis lahir dari orang tua Mujito dan Anik Mukhayati sebagai anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis dilahirkan di Desa Mayangan, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang, Jawa Timur pada tanggal 23 Pebruari 1996. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari SDN Mayangan, melanjutkan ke SMP Negeri 1 Jombang, dan SMA Negeri 3 Jombang dan setelah tamat SMA di tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Desain Produk. Selama menempuh pelajaran mata kuliah di Desain ITS, penulis sadar bahwa tidak hanya menggambar saja yang dibutuhkan oleh seorang desainer, namun peluang, kreatifitas, pengalaman meriset dan aspek teknis lainnya tidak kalah penting untuk dipelajari. Beberapa proyek desain yang pernah dikerjakan adalah Desain *Styling*: Perhiasan berupa cincin dan gelang, serta Koper *traveling short trip* dengan konsep *Vintage*, Desain *Appliance*: *Sliding Knife* dan buah serta Radio untuk ibu rumah tangga, Desain *Furniture*: Jungkat-Jungkit bersama untuk anak PAUD, Desain Transportasi: Mobil desa pengangkut Sapi dan Daging Sapi dengan basis Tata Ace. Pada proyek tugas akhir, penulis merancang *Upper Limb* Eksoskeleton untuk Menunjang Rehabilitasi Pasien *Post Stroke* yang pada awalnya sangat diluar dugaan, hal ini dikarenakan perangkat tersebut tergolong baru untuk dikembangkan. Dari perancangan ini penulis berharap kedepannya rancangan penulis dapat dikembangkan lebih lanjut dan berguna dimasyarakat khususnya penderita strok.

Email: vwiranta@gmail.com